

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PLANEAMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y MEJORA DE FLUJO
DE PROCESOS EN CONSTRUCCION DE MUROS
PANTALLA EN ESPACIOS REDUCIDOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EDWIN ESTEBAN JALANOCA LLAULLI

Lima- Perú

2013

A mis padres Esteban y
Luzmila, mi hermana Karina,
por su apoyo incondicional
hasta la actualidad y por ser
la razón que me impulsa
a ser cada día mejor.

A mi abuelo Ramón, aunque
ya no esté presente físicamente
conmigo, siempre lo llevare
en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por acogerme en sus aulas y darme una formación profesional de calidad, la Facultad de Ingeniería Civil (FIC), y a todas las personas que colaboraron con la elaboración del presente informe.

Y por último, pero no por eso menos importantes, a mi familia, gracias papá y mamá por apoyarme y aconsejarme siempre en todas mis decisiones.

ÍNDICE

RESUMEN	3	
LISTA DE TABLAS	4	
LISTA DE FIGURAS	5	
INTRODUCCIÓN	7	
1	CAPÍTULO I: Definiciones	8
1.1	PLANIFICACIÓN.....	8
1.1.1	Planificación de Operaciones	10
1.2	MODELO DE CONVERSION DE PROCESOS.....	12
1.3	MODELO DE FLUJO DE PROCESOS	12
1.4	PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCION	13
1.4.1	Productividad	13
1.5	LEAN CONSTRUCTION	14
1.5.1	Definición Lean	14
1.5.2	Lean Construction	14
1.6	HERRAMIENTAS DE MEDICION Y EVALUACION	17
1.6.1	Nivel General de Actividad	17
1.6.2	Carta Balance de Cuadrillas.....	18
1.6.3	Flujogramas	19
1.6.4	Diagrama de Pareto	19
2	CAPÍTULO II: CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	20
2.1	GENERALIDADES.....	20
2.2	OBRAS PROVISIONALES.....	22
2.3	MOVIMIENTO DE TIERRAS, SALIDA Y ENTRADA DE EQUIPOS	22
2.4	CONSTRUCCION DE MUROS PANTALLA.....	23
2.5	ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTROLES	33
2.6	TREN DE ACTIVIDADES.....	34
3	CAPÍTULO III: IDENTIFICACION DE RESTRICCIONES Y CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD	36
3.1	DIAGRAMAS DE FLUJO	36
3.1.1	Diagrama de flujo Perfilado	36
3.1.2	Diagrama de flujo habilitado y colocación de mallas de acero.....	37

3.2	ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD	38
3.2.1	Informe de Productividad (IP).....	39
3.2.2	Nivel General de Actividad	46
3.2.3	Carta Balance	49
3.2.4	Análisis de Confiabilidad	52
4	CAPÍTULO IV: OPORTUNIDADES DE MEJORA	56
4.1	Manejo de la variable espacial	56
4.2	Definir lotes de producción más grandes	57
4.3	Mejora de distribución de equipos en obra.....	59
4.4	Paralizaciones en Mano de Obra	61
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES.....	66
	BIBLIOGRAFIA.....	67
	ANEXOS	68

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia pretende dar un aporte a la ingeniería en construcción, mediante el estudio y análisis de planeamiento, productividad y flujo de procesos, el cual se pone en énfasis para el caso particular de edificios residenciales tipo A y la construcción de muros pantalla. Pues en este tipo de edificaciones de gran altura, se realizan construcciones a grandes profundidades (varios sótanos), para abastecer la cantidad de estacionamientos, según la cantidad de habitantes y departamentos en total por edificación.

Se inicia con un marco teórico acerca de los conceptos de planeamiento, productividad, flujo de procesos, Lean Construcción y gestión de operaciones. Así también las herramientas utilizadas para la medición de algunos parámetros, que hacen posible el análisis de los mismos.

Luego nos enfocaremos en la concepción del proyecto, de cómo planteo la construcción, el abastecimiento de equipos, distribución de volúmenes de trabajo, sectorización, layout, manejo de disposiciones u ordenanzas municipales, etc.

Con ello se evaluaremos si los criterios utilizados en el planeamiento fueron los adecuados y cuánta incidencia toman en el flujo de procesos.

Posteriormente usaremos herramientas tratadas en el marco teórico, para obtener datos y parámetros de medición del proyecto estudiado.

En el análisis se realizaremos un Pareto de las actividades que causan más tiempos de espera y que causan un retraso en el tren de actividades de los muros pantalla, la aplicación de la filosofía Lean Construction donde se mostrará que se puede mejorar los tiempos productivos y se sugerían algunas mejoras en proyectos similares.

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Metrados Totales y Parciales del Proyecto	21
Tabla 2.2 Tareas, impactos y medidas de control	33
Tabla 2.3 Tren de Actividades de muro pantalla (primer anillo).....	34
Tabla 3.2 Informe de Productividad (IP) del Proyecto.	41
Tabla 3.3 Distribución del tiempo y recursos – Muestra 1.....	50
Tabla 3.4 Distribución del tiempo y recursos – Muestra 2.....	51
Tabla 3.8 Cálculo del PPC.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.2 Niveles de Planificación (Serpell, 1993).....	9
Figura 1.3 Niveles Jerárquicos en la Gestión de la Construcción (Guía del PMBOK®).....	10
Figura 1.4 Planificación de operaciones (Serpell, 1993).....	11
Figura 1.5 Modelo de conversión de procesos (Koskella, 1992).....	12
Figura 1.6 Modelo de flujo de procesos (Koskella, 1992).....	13
Figura 1.7 Comparación de los enfoques de diferentes filosofías de producción (Koskella 1992).....	15
Figura 2.1 Ubicación del proyecto.....	20
Figura 2.2 Linderos de edificio en construcción.....	21
Figura 2.3 Obras provisionales.....	22
Figura 2.4 Excavación limitada por muros pantalla perimetrales.....	24
Figura 2.5 Perforación para anclajes de muro pantalla.....	25
Figura 2.6 Perfilado con herramientas manuales.....	27
Figura 2.7 Pañeteo en paño de muro pantalla.....	28
Figura 2.8 Colocación de acero in situ.....	29
Figura 2.9 Esquema de encofrado a utilizar.....	30
Figura 2.10 Sectorización de 1er anillo, muros pantalla.....	35
Figura 3.1 Ratios de Productividad de Perfilado (HH/m ²).....	42
Figura 3.2 Ratios de Productividad de Acero (HH/Kg).....	43
Figura 3.3 Ratios de Productividad de Encofrado (HH/m ²).....	44
Figura 3.4 Ratios de Productividad de Concreto (HH/m ³).....	45
Figura 3.5 Muestreo de Nivel General de Actividad.....	46
Figura 3.6 Acarreo de andamios de la cuadrilla de acero.....	47
Figura 3.7 Armado de andamios de la cuadrilla de acero.....	47
Figura 3.8 Tiempos de espera en maniobras de excavadora.....	48

Figura 3.9 Acarreo de bloques con excavadora.....	49
Figura 3.10 Distribución de zonas de trabajo.....	49
Figura 3.11 Diagrama de distribución de tiempos y causas atribuibles – Muestra 1.....	50
Figura 3.12 Diagrama de distribución de tiempos y causas atribuibles – Muestra 2.....	51
Figura 3.13 Gráfico de Porcentaje de Plan Cumplido Semanal (%).	53
Figura 3.14 Distribución de Causas de Incumplimiento.....	55
Figura 4.1 Vistas de Modelamiento en 3D en construcción de muros pantalla..	57
Figura 4.2 Vistas de la rampa ejecutada en obra y uso de la misma, luego del movimiento de tierras.....	57
Figura 4.2 Incremento de paños de vaciado de muro pantalla.....	58
Figura 4.3 Vista de retiro posterior de predio vecino (17 metros aprox.)	59
Figura 4.4 Movimientos de excavadora, al fondo se observa equipo de perforación y compresora neumática.	60
Figura 4.5 Vista ampliada de los equipos mencionados en la Figura 4.4. compresora neumática (izquierda), mezcladora (derecha) y grupo eléctrico (al fondo).....	60
Figura 4.6 Reubicación de la compresora neumática, haciendo uso de vía.	61
Figura 4.7 Excavación masiva, donde no se involucran actividades productivas.	62
Figura 4.8 Mano de obra en apoyo de acarreo de materiales, en el desarrollo de la excavación masiva.....	62
Figura 4.9 Mano de obra en apoyo de obras provisionales, durante etapa de excavación masiva	63

INTRODUCCIÓN

Las edificaciones en las ciudades de alta densidad poblacional plantean frecuentemente problemas especiales debido a la proximidad de edificios altos y por la exigencia del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, el cual dice que se debe proveer un área de estacionamiento de acuerdo con el área del edificio. Ello obliga a la construcción de un determinado número de sótanos, teniendo en cuenta la necesidad de utilizar al máximo el espacio debido al alto costo de los terrenos.

Es aquí donde se plantean soluciones para construcciones en profundidad y en nuestro país se han constituido los muros pantalla, como una alternativa eficiente en tiempo y seguridad respecto a otras alternativas.

Esta eficiencia, claro depende de las previsiones que se tomen en la fase de planeamiento. Dicho planeamiento es el que define la eficiencia de este tipo de construcciones. Como consecuencia, el reflejo de toda esta gestión se ve plasmado en el flujo continuo de procesos, los cuales dan lugar a que sean catalogados como procesos productivos o improductivos.

1 CAPÍTULO I: DEFINICIONES

1.1 PLANIFICACIÓN

La planificación es el acto de definir criterios para generar las estrategias de producción, así como las directivas para lograr que se cumplan con éxito dichos criterios. Todo ello con la finalidad de lograr una serie de objetivos o uno en particular. Una buena planificación asegura que cada tarea tenga la oportunidad de ser ejecutada correctamente en el lugar apropiado y en el momento oportuno. Es decir, la planificación tiene como propósito principal lograr el cumplimiento de un objetivo con la mínima interferencia producida por eventos que puedan retrasar o detener su logro.

Otra función importante de la planificación es la de servir como base de referencia para el seguimiento y el control. El seguimiento corresponde al proceso de obtención de la información sobre la obra, necesaria para el control. Control es el proceso de toma de decisiones sobre la base de la información respecto a la situación actual, para actuar sobre el desarrollo futuro de una obra y asegurar así el cumplimiento de los objetivos planteados.

La función de planificación y control se desarrolla de una forma dinámica y continua dentro de lo que se conoce como el ciclo de planificación. Un principio básico de esta función es que no ha planificación que se cumpla plenamente en la realidad práctica ya que ella es solo un modelo de nuestras intenciones en cuanto a la forma en que pretendemos llevar a cabo una tarea. El ciclo de planificación se presenta en la Figura 1.1.

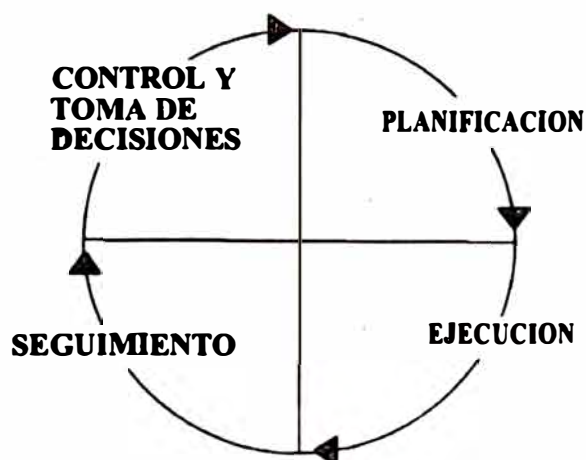


Figura 1.1 Ciclo de Planificación (Serpell, 1993).

En un proyecto de construcción, se presentan tres etapas o niveles principales en la planificación:

- Planificación preliminar, de carácter estratégico, cuyos objetivos básicos son determinar los costos para propuestas o estudios de factibilidad y servir de base para la planificación del contrato o proyecto.
- Planificación del contrato o proyecto, de carácter táctico, cuyo objetivo es obtener el plan definitivo para la ejecución del proyecto.
- Planificación de operaciones: El objetivo de esta planificación detallada es lograr que para cada operación se use la secuencia y el método más económico posible, de acuerdo con la planificación general del proyecto. esto significa pensar en los detalles de una tarea, planificarla y coordinarla antes de ejecutarla, anticipando interferencias, falta de recursos, etc.

La Figura 1.2 describe la relación entre los tres niveles de planificación y los flujos normales de información para llevarla a cabo y para el posterior control.



Figura 1.2 Niveles de Planificación (Serpell, 1993).

En el presente trabajo nos centraremos en la planificación de operaciones, ya que esta tiene más influencia sobre la productividad. El contexto del estudio de la planificación de operaciones estará dentro del marco de la planificación global del proyecto, por lo que permanentemente se destacarán las interrelaciones entre la una y la otra y, en especial, el hecho de que la planificación de operaciones es un subproducto de la planificación general del proyecto.

1.1.1 Planificación de Operaciones

Se entiende por operación a aquella actividad de trabajo que resulta en la colocación o instalación de un elemento definible de construcción, para lo cual se incluyen algunos procesos tecnológicos y se tiene una estructura de tareas asignadas. A su vez, un proceso es una colección de tareas relacionadas entre ellas por una estructura tecnológica y una secuencia. Finalmente, una tarea es el elemento de trabajo más básico de los procesos y operaciones.

Los niveles de operaciones, procesos y tareas dentro de la subdivisión del trabajo que abarca un proyecto de construcción, están orientados a la acción en terreno y a los procesos tecnológicos, en contraste con los niveles superiores, cuyo énfasis está en los atributos del proyecto y sus componentes físicos. La Figura 1.3 muestra estos niveles de subdivisión.

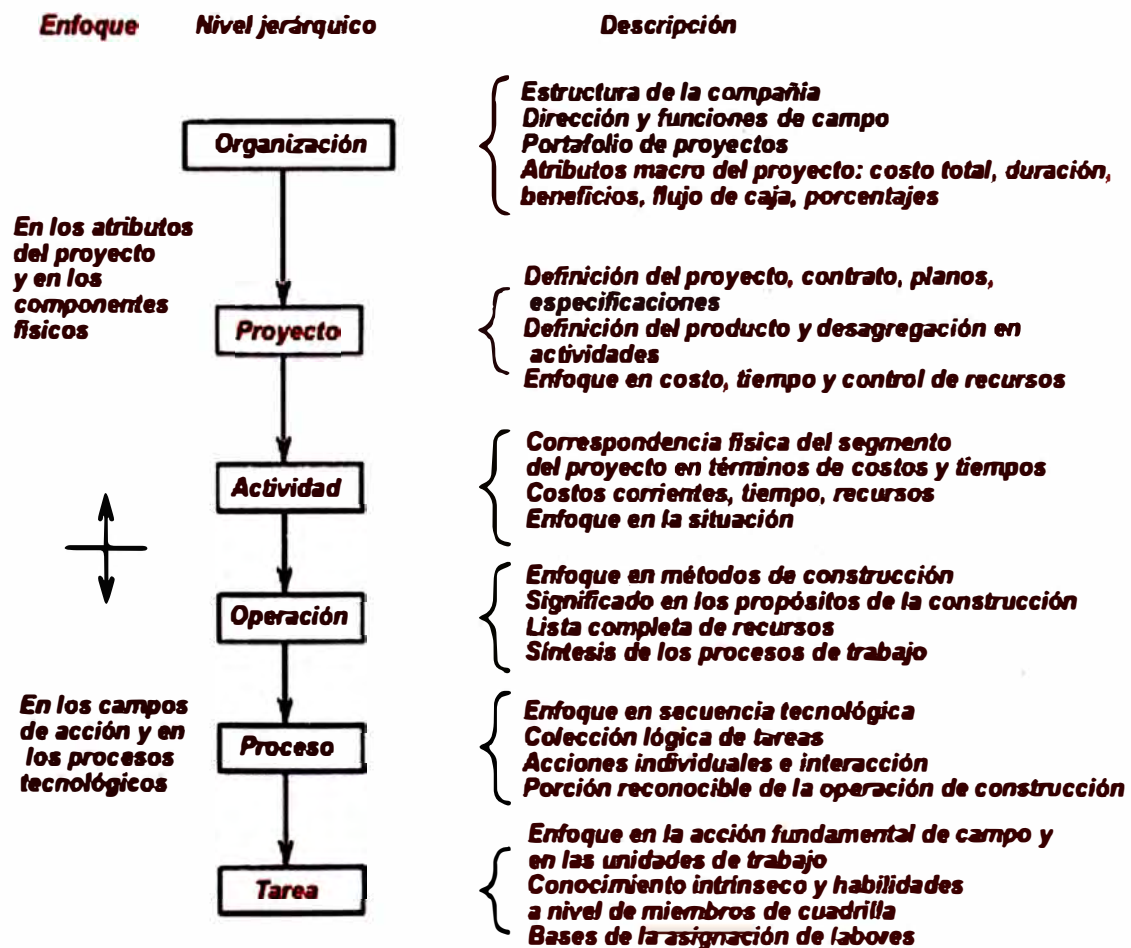


Figura 1.3 Niveles Jerárquicos en la Gestión de la Construcción (Guía del PMBOK®)

La planificación de operaciones en terreno debe entonces tomar en cuenta las características de estos tres niveles. La figura 1.4 ilustra la secuencia básica de la planificación de operaciones. Para lograr la materialización de operaciones eficientes, es necesario que los ingenieros encargados de obra, participen desde la etapa inicial de la planificación de un proyecto. De esta forma, sus decisiones a nivel operacional serán tomadas con una visión más completa y global.

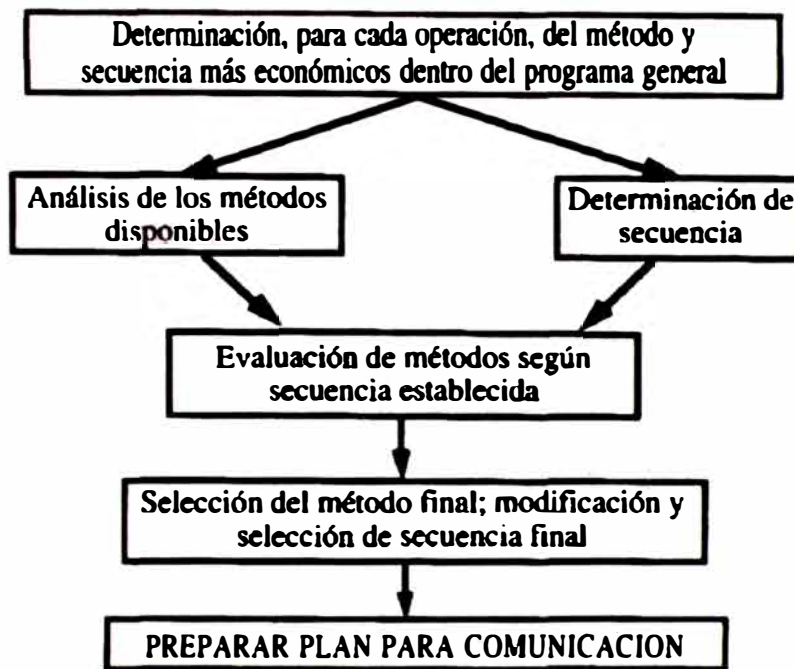


Figura 1.4 Planificación de operaciones (Serpell, 1993).

No es posible realizar una adecuada planificación de operaciones si no se tiene conocimiento detallado de los factores que participan en ellas y de los objetivos que se persiguen para cada una. Una forma eficiente de realizar el análisis es la que se presenta en la Figura 1.5. A través del uso del diagrama de espigas de pescado es posible identificar, para cada operación, los factores y subfactores que impactan el resultado o la medida del desempeño de su ejecución, sea esta última medida de calidad, productividad, costo o duración. Posteriormente, se pueden determinar aquellos factores de más relevancia para el cumplimiento de cada uno de los objetivos de la operación y orientar las acciones de planificación y control más adecuadas para lograrlo.

1.2 MODELO DE CONVERSION DE PROCESOS

En el *modelo de conversión*, un proceso de producción es la conversión de una materia prima en un producto terminado. El modelo de conversión de procesos es la forma clásica en que se presentan los trabajos individuales en la construcción. Este es además, el formato mental mediante el cual muchos representamos en el trabajo. Así, este formato se usa para los conocidos CPM (Critical Path Method), WBS (Work Breakdown Structure) y otros formatos estándares de representación del trabajo. Cada actividad (digamos asentar ladrillo, vaciar concreto, colocar encofrado, etc.) se enmarca dentro de un rectángulo u otra figura. Cada rectángulo representa una conversión de materiales en bruto en algún producto terminado o en un proceso intermedio. Las flechas que unen dichos rectángulos nos indican la secuencia de actividades, es decir qué precede a qué. La función principal del modelo de conversión de procesos es generar una descomposición jerárquica del trabajo, de forma que estas actividades descompuestas puedan ser controladas y optimizadas.

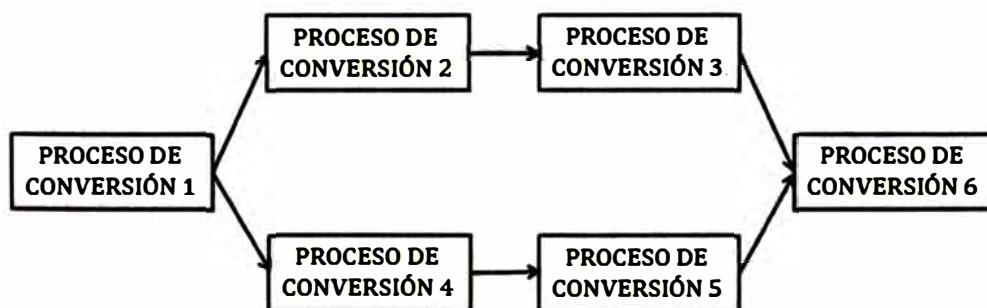


Figura 1.5 Modelo de conversión de procesos (Koskella, 1992).

1.3 MODELO DE FLUJO DE PROCESOS

Una de las mejores formas de visualizar el potencial de mejoramiento en los sistemas productivos (ya sea en la construcción u otra industria) es el *modelo de producción de flujo de procesos*. Este ve el trabajo como un flujo de información compuesto por la conversión propiamente dicha, la inspección, los transportes y las esperas. Su principal objetivo se centra en la eliminación de pérdidas y a la reducción de tiempos de cada actividad. Este enfoque, en el cual se pasa de una

visión en la que solo se considera el proceso de conversión a un esquema mental donde se toman en cuenta los flujos que conectan el trabajo, permite dividir el trabajo en trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) con mayor facilidad.

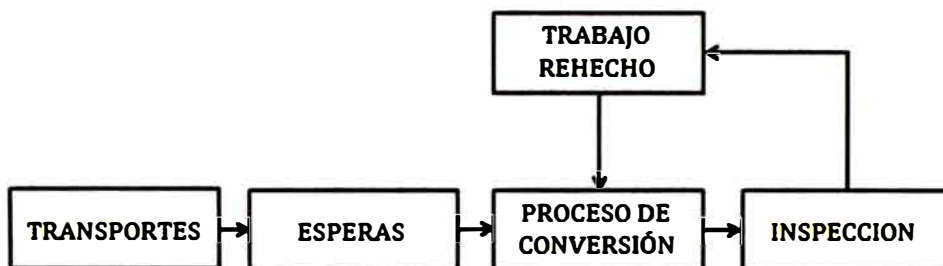


Figura 1.6 Modelo de flujo de procesos (Koskella, 1992).

1.4 PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCION

1.4.1 Productividad

La productividad puede definirse como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell, 1999)

Dependiendo de los recursos e utilizar, puede hablarse entonces de diferentes clases de productividad en la construcción de acuerdo con los recursos empleados, de la siguiente forma:

Productividad de los materiales: por su costo y alto índice de representatividad en el presupuesto, es importante evitar los desperdicios.

Productividad mano de obra: es el factor fundamental, pues normalmente es el recurso que fija el ritmo de trabajo en las obras de construcción, de la cual depende la productividad de otros recursos. Se puede plantear una forma de cálculo mediante la siguiente relación:

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Jornada laboral} \times \text{N}^{\circ} \text{ Hombres}}$$

Productividad del equipo: Este tipo de productividad es muy importante por el alto costo que representa este recurso y, por tanto, es necesario racionalizar su uso en los proyectos, para evitar tiempos muertos. Se puede plantear una forma de cálculo mediante la siguiente relación:

$$\text{Productividad del equipo} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Jornada (incluye tiempos muertos)} \times \text{N}^{\circ} \text{ equipos similares}}$$

De lo mencionado es necesario aclarar que en construcción utilizamos, mayormente la productividad de mano de obra y de equipos.

1.5 LEAN CONSTRUCTION

1.5.1 Definición Lean

“Lean” es un término inglés cuya traducción significa delgada, y para efectos nuestros debe traducirse como “sin pérdidas”, Dicho concepto fue desarrollado por un grupo de investigadores del MIT como “Lean Manufacturing” o “Lean Production” a inicios de la década de los 90, donde consolidaron toda la esencia del Sistema de Producción Toyota desarrollada por el Ing. Taichí Ohno. Ya en 1992 Lauri Koskella profesor del CITF propuso la aplicación de estos conceptos en su tesis doctoral “Aplicación de una nueva filosofía de producción a la construcción”, conocida también como el Reporte N°72, donde señala la necesidad de contar con una teoría para la construcción, considerando que esta es desarrollada en un entorno complejo y variable.

1.5.2 Lean Construction

Lean Construction es la filosofía “lean” aplicada a la industria de la construcción, es decir la construcción sin pérdidas, la cual busca generar mayor valor al cliente enfocándose en reducir las pérdidas a fin de generar al máximo valor posible para el cliente. Las adaptaciones de Lean en la construcción se inician en 1992 y dan pie a la formación del Grupo Internacional del Lean Construction (IGLC) en 1993 y el Lean Construction Institute (LCI) en 1997. Uno de los mayores aportes a la metodología del Lean Construction es el sistema “Last Planner”, desarrollada por los investigadores Ballard y Howell, que busca brindar mayor

confiabilidad en la programación, debido a que los cumplimientos en la construcción de la planificación semanal, son según mediciones internacionales del 54% a nivel mundial, ante este panorama el Lean Construction analiza la producción bajo una nueva concepción que implica una visión dual de la producción, esta consiste en conversiones y flujos, por lo tanto, la eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de los procesos de conversión, como a la eficiencia del flujo de actividades, mediante las cuales los procesos de conversión son unidos.

Mientras que todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, solo los procesos de conversión añaden valor al producto final. Por esto el mejoramiento en los flujos debe centrarse en su reducción o eliminación, mientras que los procesos de conversión deben volverse más eficientes (Koskella 1992). La figura a continuación muestra una comparación de la diferencia que existe entre los enfoques convencionales (modelo de conversión), el enfoque de calidad y el enfoque de la filosofía lean.

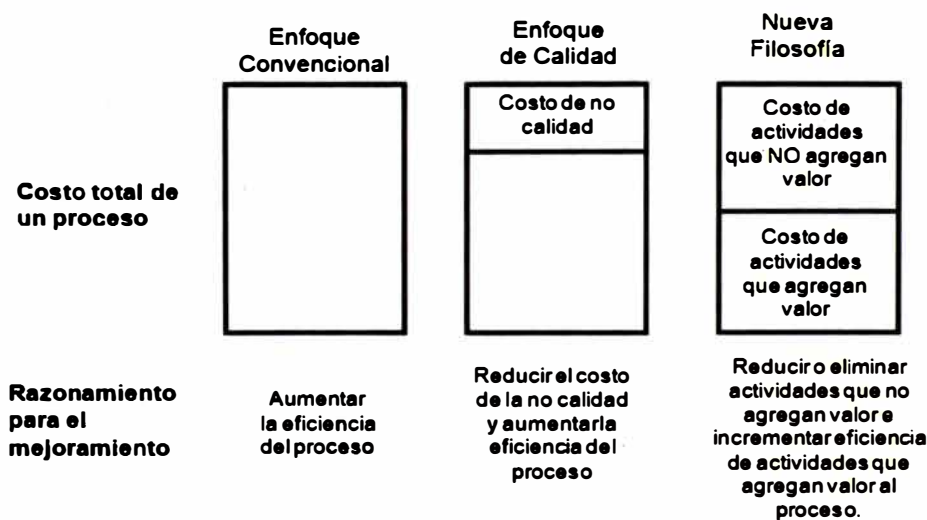


Figura 1.7 Comparación de los enfoques de diferentes filosofías de producción (Koskella 1992).

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción en la práctica, los cuales se declaran en 11 principios:

- 1) Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor:**
Buscar eliminar las actividades que generan pérdidas, o bien aquellas que generan tiempos no productivos en el proceso.
- 2) Incremento del valor del producto:** El cliente final es quien decidirá cuál es el valor que tiene el producto. La apreciación que éste tenga del producto final es lo que se debe tener en cuenta y si este le agrega valor o no.
- 3) Reducción de la variabilidad:** Los procesos productivos son variables. Desde el punto de vista del cliente, un proceso que se lleva a cabo de manera uniforme es mejor.
- 4) Reducción del tiempo del ciclo:** Teniendo en cuenta que el tiempo de ciclo está formado por el tiempo de procesos, tiempo invertido en inspecciones, espera y movimiento, se debe de buscar la minimización de éste mediante la reducción de las actividades que no agregan valor al producto final. Lo que se debe buscar es:
 - Realizar la entrega lo antes posible al cliente.
 - Reducir la necesidad de pronosticar acerca de la futura demanda.
 - Disminuir las interrupciones en los procesos de producción.
 - Facilitar la gestión
- 5) Simplificación de procesos:** Esta puede ser entendida como:
 - La reducción del número de componentes de un producto.
 - La reducción del número de pasos en un flujo de material o de información
- 6) Incremento de la flexibilidad de la producción:** Puede entenderse y detallarse de estos modos:
 - Minimizar el tamaño de los lotes de transferencia para atender mejor la demanda.
 - Personalización del producto.
 - Entrenar a trabajadores habilidosos y multifunción.
- 7) Transparencia del proceso:** Haciendo visibles los errores e incentivando la motivación para las mejoras. Para conseguir esto, es recomendable establecer una metodología de ordenamiento y limpieza básicos para eliminar lo inservible, como por ejemplo, el método de las 5 "S" (organización, ordenamiento, limpieza, estandarización y disciplina).

- 8) **Enfoque del control al proceso completo:** Para esto, primero el proceso completo debe de ser identificado, para luego poder ser medido, interpretado y mejorado.
- 9) **Mejoramiento continuo del proceso:** El proceso de mejora continua en la construcción, busca la efectividad en el uso de los recursos mediante la aplicación de técnicas de análisis, para finalmente obtener mayores niveles de productividad y subsecuentes mejoras de los mismos en el tiempo.
- 10) **Balance de mejoramientos de flujo con mejoramiento de la conversión:** Hay que tener en cuenta que cuando mayor sea la complejidad del proceso de producción, mayor es el impacto del mejoramiento de los flujos. Asimismo, al mejorar el balance del flujo, se conseguirá disminuir las pérdidas existentes dentro del mismo, lo cual traerá como consecuencia un aumento de la productividad.
- 11) **Benchmarking:** Es el estado de la técnica para conseguir la mejora, a través de la comparación con el mejor, de esta manera conseguir una reconfiguración de los procesos.

1.6 HERRAMIENTAS DE MEDICION Y EVALUACION

1.6.1 Nivel General de Actividad

El sistema de Información del nivel de actividad, mide la cantidad de tiempo que un trabajador destina a diferentes categorías de trabajo, identificando así focos de problemas, cuya solución permite una racionalización del uso del recurso mano de obra. Las categorías de trabajo son básicamente tres:

Trabajo productivo (TP): Éste tipo de trabajo se define como el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna cuadrilla de trabajo.

Trabajo contributorio (TC): Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas.

Trabajo no contributorio (TNC): Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifican en las anteriores categorías por lo tanto, se consideran pérdidas.

El objetivo general de obtener valores sobre el nivel de actividad, representado en TP, TC Y TNC es obtener mejoras en operaciones y distribución de personal logrando mejoras en el uso del tiempo, identificando procesos de bajo aporte contributivo de modo de aumentar la productividad, reduciendo costos y plazos.

Para lo anterior se propone y aplica un sistema de obtención de datos y mediante el análisis de estos, es posible medir el nivel de actividad del recurso humano, con lo cual se puede identificar el tiempo destinado a trabajo productivo, a trabajo contributivo y a trabajo no contributivo y así identificar y proponer mejoras para las principales razones de improductividad.

1.6.2 Carta Balance de Cuadrillas

Esta técnica es utilizada tradicionalmente por la ingeniería industrial, donde se realizan estudios de la eficiencia entre hombre y maquina en los procesos de producción.

Esta técnica ha sido adaptada a la construcción, donde se puede describir de manera detallada el proceso de una operación de construcción, determinando el número adecuado de obreros por cuadrilla de trabajo. Así mismo presenta útil información para el análisis de rendimientos y consumos de mano de obra.

La carta balance es utilizada al inicio de cada proyecto de construcción, justamente para establecer la cantidad de obreros de cada cuadrilla por frente de trabajo, este trabajo debe realizarse progresivamente pues conforme va avanzando la obra se puede ir perfeccionando la cantidad exacta de obreros por frente. El periodo en que se realice nuevamente este estudio dependerá del ing de campo, pues según la programación y los rendimientos esperados para cumplir los hitos y plazos del cronograma de obra determinara un aumento o disminución de personal.

La carta balance de cuadrillas es un gráfico de barras verticales en la que el eje X representa los recursos utilizados (personal, equipos) y en el eje Y representa el tiempo transcurrido en la ejecución de la operación. Cada barra vertical se divide en unidades de tiempo que se llenan de acuerdo con la participación de cada recurso en la secuencia de la actividad. De esta manera es posible determinar los lapsos improductivos y describir patrones que incidan en los ciclos de trabajo, dado que cada elemento de la cuadrilla es graficado en el mismo período.

1.6.3 Flujo gramas

Sirve para determinar la disposición y categorías de los diferentes elementos conformantes de una obra (layout plan) existente o en un proyecto, en este caso se realizará el diagrama de flujo de los procesos de construcción de muros pantalla, en primera instancia se mostrará el diagrama de flujo general, para luego mostrar el diagrama de flujo específico de los 3 tipos de vaciados estudiados.

1.6.4 Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos ayudará a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles.

2 CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

2.1 GENERALIDADES

El proyecto consta de la construcción de un edificio de 15 pisos más azotea y 5 sótanos, en el distrito de San Isidro.

El cual albergará 21 departamentos entre dúplex y flat, también contará con 72 estacionamientos de los cuales 6 serán destinados para la visita.

Estructura aperturada y placas (sistema dual), con losas aligeradas, macizas en zona de sótanos. Losas postensadas y macizas en zona de torre (departamentos).

Instalaciones Eléctricas, Sanitarias, Sistema Contraincendio, Gas y Ascensores.

El tiempo de ejecución es de 18 meses. El plazo de construcción del muro pantalla es 3.5 meses.

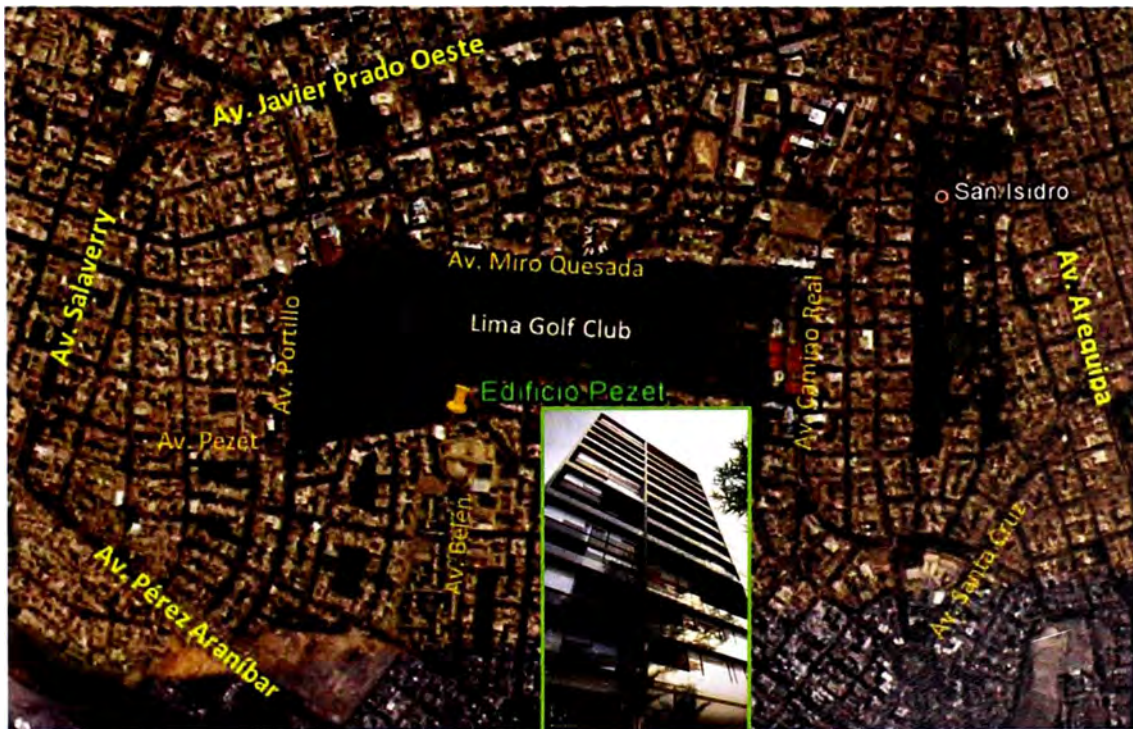


Figura 2.1 Ubicación del proyecto.

El horario para los vaciados de concreto será desde 7:30 a.m. hasta las 5:00 p.m. (disposiciones municipales de San Isidro).

El predio en referencia, colinda por el norte la Av. General Juan Antonio Pezet, por el este con propiedad de terceros (4 pisos, tiene un retiro frontal de 5.61 m y

retiro posterior de 17.10m). Por el oeste con un edificio de 16 pisos (5 sótanos, todo el lindero de 40m es un muro pantalla). Por el sur con la zona de estacionamiento del Colegio Belén.

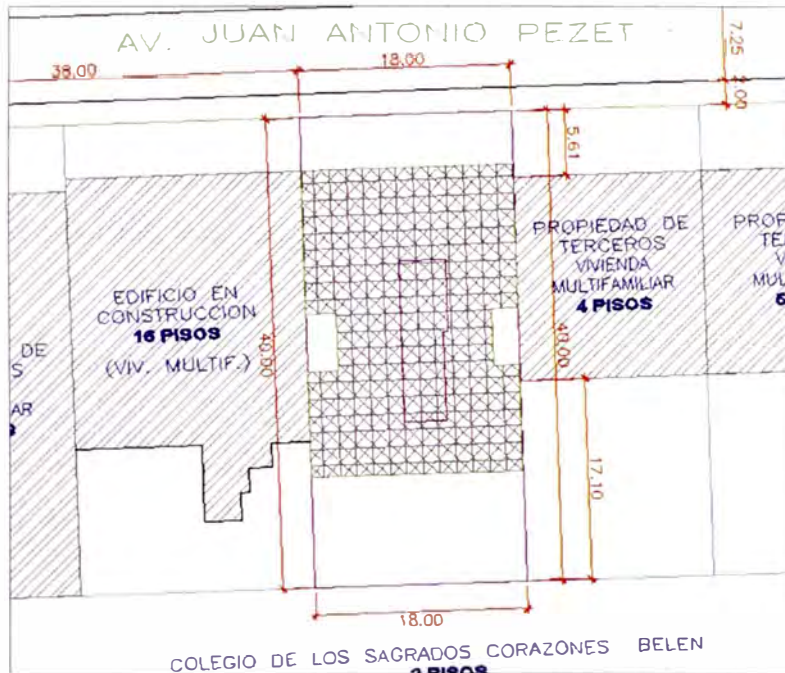


Figura 2.2 Linderos de edificio en construcción.

Tabla 2.1 Metrados Totales y Parciales del Proyecto

TOTAL		
Acero	Kg	467,983.35
Encofrado	m ²	21,164.19
Concreto	m ³	4,843.77

SOTANOS		
Acero	Kg	182,800.26
Encofrado	m ²	8,267.10
Concreto	m ³	2,410.16

TORRE		
Acero	Kg	285,183.09
Encofrado	m ²	12,897.09
Concreto	m ³	2,433.61

MURO PANTALLA		
Excavacion masiva	m ³	10,854.64
Perfilado	m ²	1,352.16
Acero	Kg	44,954.51
Encofrado	m ²	1,233.78
Concreto	m ³	421.18

2.2 OBRAS PROVISIONALES

A raíz que se cuenta con poco espacio para las instalaciones provisionales y el almacenamiento de materiales para la obra, dentro del área del predio, se optó por construir una plataforma en voladizo para las instalaciones provisionales (almacén, comedor, vestidores, sshh, oficina de obra, grupo electrógeno, etc.). Esta se hizo con escuadras metálicas (anclados sobre el primer anillo del muro pantalla), sobre las cuales van correas, donde se apoyarán tablonces de madera, que sirve como superficie de las instalaciones provisionales.



Figura 2.3 Obras provisionales.

2.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS, SALIDA Y ENTRADA DE EQUIPOS

Para el movimiento de tierras, inicialmente se trató de hacer la excavación masiva de forma progresiva. Detrás de ella continuaban las perforaciones y anclajes, para después continuar con las actividades productivas (acero, encofrado, concreto). Se observó muchos tiempos de espera e interferencias, con lo cual se optó por dividir la fase de excavación con la actividades productivas. Esto generó paralización de la mano de obra, que tuvo que ser trasladada a otras actividades y también asignadas a otros proyectos de forma temporal.

El uso de una faja transportadora no fue factible en este proyecto, pues la longitud de desarrollo de acuerdo a la pendiente mínima para este equipo era insuficiente.

Para el tema de transporte de equipo de perforación, compresora de aire y mezcladora de concreto, se propuso realizar rampas en fases para lograr el ingreso y retiro de estos equipos. En el caso de llegar a niveles más profundos se retirarán los equipos con grúas móviles que serán programadas de acuerdo a la planificación en obra.

2.4 CONSTRUCCION DE MUROS PANTALLA

El proceso de ejecución se hace en base a paneles excavados en el terreno (procedimiento in situ), desde la superficie, en forma alternada y con dimensiones generalmente entre 4.50 y 4 metros, para espesores entre 0.30 y 0.45 m.

Los pasos a desarrollar obedece el siguiente orden:

- Banquetas
- Perforación e inyección de la lechada de concreto.
- Perfilado y pañeteo de los taludes libres
- Colocación de Acero
- Encofrado metálico con escuadras y bloques de concreto
- Vaciado del concreto
- Desencofrado.
- Curado químico.
- Tensado del Anclaje.

a) Banquetas:

Se realiza una excavación masiva a toda el área en forma de anillo, dejando banquetas en todo el perímetro.



Figura 2.4 Excavación limitada por muros pantalla perimetrales.

Las banquetas tienen ciertas dimensiones según sea su función:

- Banqueta de 2.00m de ancho como mínimo en la parte superior, de esta manera el equipo de trabajo podrá tensar el muro de manera apropiada.
- Banqueta de 1m en la parte superior y de 1.50m en la parte inferior, dejada para el momento de la perforación, introducción del anclaje e inyección de la lechada.

b) Perforación e Inyección:

Trazado de paños, punto de perforación y nivelación del terreno para la ubicación de la máquina

Este punto define los límites de las banquetas y en consecuencia la dimensión del paño. Debe tenerse en cuenta que la longitud de la banqueta es importante para que el muro anclado superior tenga el soporte suficiente, un trazado de paño diferente traería tal vez más adelante problemas de disminución de banquetas cuando se coloquen los empalmes de la armadura del muro dejando así al muro superior de dicha banqueta con un apoyo deficiente y de esta manera poniendo en riesgo la estabilidad del sistema de muros pantalla.

La ubicación del punto de perforación se lleva a cabo con una fina medición topográfica según el diseño. Esta labor se apoya en las tarjetas para la nivelación ubicada en los muros pantallas superiores. Antes de perforar se nivela o prepara el terreno donde se va ubicar la máquina perforadora "Rockdrill".

Perforación

Para esta etapa es indispensable tener en cuenta la ubicación de los puntos de energía. El contratista requiere punto de energía para el funcionamiento de los equipos.

La Perforación es realizada antes de eliminar la banqueta, considerando la longitud de diseño. La perforación realizada era roto-percusiva, con el sistema DPS o sistema ODEX; estos sistemas revisten el hueco a la vez que perforan.

Una vez que se ha llegado a la cota de sondeo (profundidad de anclaje), se procede al limpiado del mismo y luego al retiro de la tubería interior (API) quedando la tubería de revestimiento por donde se va a colocar el anclaje.



Figura 2.5 Perforación para anclajes de muro pantalla.

Introducción del Anclaje

Una vez terminada la perforación se introduce el anclaje en el agujero por dentro del tubo de revestimiento, y luego se procederá al retiro del tubo de revestimiento. La introducción del anclaje dentro del agujero se efectuará con mucho cuidado, para lo cual se tomarán las precauciones necesarias a fin de no dañar la estructura del anclaje.

Inyección de Lechada

Una vez terminada la introducción del anclaje, se procederá a la inyección de vaina, en caso no producirse rechazo por boca se dejará un tiempo de 6 horas

como mínimo antes de iniciar la re-inyección. Durante de la inyección por ningún motivo personal de obra deberá estar en la línea de tiro del anclaje.

El rechazo por boca deberá ser verificado para garantizar la saturación del suelo que luego conforma el bulbo del anclaje. Generalmente el subcontratista participa en la perforación e inyección con rendimiento promedio de 45m (lineales)/día.

c) Perfilado y Pañeteo de los Taludes

Perfilado o Desquinchado

Es el proceso de afinar el perfil del talud a excavar, de la fineza del trabajo depende que no se sobre excave y se obtenga un desperdicio de concreto. En este proceso se debe tener cuidado de no tener un bajo control en el procedimiento de perfilado.

Para llegar desde la banqueta hasta el talud se inicia con un perfilado mecánico, posteriormente se termina de forma manual, por lo general se requiere una cuadrilla conformada por peones, encargados de realizar las siguientes tareas:

- Excavación de Zanja: Realizan la excavación de una zanja cuya longitud es el ancho del muro, 0.60m de ancho y 0.85m de profundidad con el fin de enterrar las varillas de acero (longitud de empalme aproximadamente).
- Desquinchado manual: Esta labor se realiza con el fin de conseguir la plomada correspondiente, así como obtener el menor desperdicio posible contra el terreno al momento del vaciado.

Perfilado Manual

Para el perfilado manual es recomendable colocar tres plomadas por paño a partir de las cuales se indica a los desquinchadores cuantas centímetros deben retirarse, por lo general es cinco centímetros menos de lo requerido.

El trabajo generalmente se destina a peones (no operarios) por lo que existe un margen de error apreciable.

Para un mejor control se puede hacer uso de un Escantillón, con la finalidad de medir bien y remarcar las dimensiones del muro.



Figura 2.6 Perfilado con herramientas manuales.

Se realiza un mayor seguimiento en campo por parte de los ingenieros, maestros de obra y adicionalmente algún oficial de topografía, además una vez colocado el acero se termina de afinar el perfilado donde sea necesario, para garantizar un buen recubrimiento.

Pañeteo

Es un proceso que consiste en echar concreto pobre o lechada en la superficie del talud, esto da cierta consistencia al suelo, pero no es su función, ya que el aporte de resistencia estructural que pueda brindar la lechada no es considerado por su pequeña magnitud. Se realiza con la finalidad de evitar que el terreno pierda o adquiera humedad y desmoronamientos ligeros, ya que la cohesión del suelo está directamente vinculada a la cantidad de agua presente. No se puede descuidar este aspecto, ya que el diseño del muro implica un valor de cohesión, un descuido en este aspecto podría generar mucho riesgo.



Figura 2.7 Pañeteo en paño de muro pantalla.

d) Colocación de acero

Es el proceso de armar en el sitio correspondiente el esqueleto de acero del muro que se va a anclar. El cual está compuesto por un emparrillado y un refuerzo en la zona de anclaje.

Debido a que el concreto que se usa por lo general es muy fluido y tiene acelerantes de fragua y además existe la presencia de una mecha de anclaje. Se debe tener en consideración:

Colocación de acero de refuerzo y tubo de PVC a 15° para Anclaje: El refuerzo de la zona cercana al anclaje es de vital importancia, además se considera un espacio para que el concreto no maltrate la mecha de anclaje.

Colocación de Mechas para futuras Losas: Colocar las mechas debidamente alineadas de acuerdo al proyecto, además se recomienda usar cajones de madera para proteger las mechas y así minimizar el picado en el momento de ejecutar la losa.

Aplomo de malla con ayuda de Topografía: El refuerzo debe ser debidamente perfilado para que la estructura esté debidamente orientada y obtenga el desempeño esperado

Relleno con material en la Zona inferior del Acero en las Mechas: Se debe de evitar que el acero ceda por presión del concreto es por eso que se usan dados de concreto o retazos de acero para asegurar que la parrilla no se hunda.

Escarificado de Muros Adyacentes: Es importante asegurar el empalme de la estructura y además dejar los orificios necesarios para asegurar la continuidad con la estructura.



Figura 2.8 Colocación de acero in situ.

e) Encofrado

El encofrado para los Muros Pantalla, es un proceso muy particular, ya que se juntan problemas que en otras situaciones no existirían.

La presión que ejerce el concreto es muy alta, de modo tal que es capaz de abrir el encofrado común. Por eso debe estar muy bien apuntalado, sin embargo al estar avanzando en forma descendente hacia un nivel más profundo, es más difícil encontrar puntos de apoyo para poder estabilizar el encofrado.

El encofrado para los muros contra terreno consta del juego de panelería que conforma la cara de contacto y como apuntalamiento se trabaja con escuadras (UNISPAN u otros - ver dibujo) sobre las cuales se colocan bloques de concreto (son bloques de concreto de 100 kg/cm² de dimensiones que dependen del encofrado, aunque usualmente son de 0.60m x 0.60m x 1.50m) que se colocan entre las escuadras para evitar que el encofrado se levante. Además de cavidades superiores preparadas para vaciar el concreto y para dejar salir el anclaje.

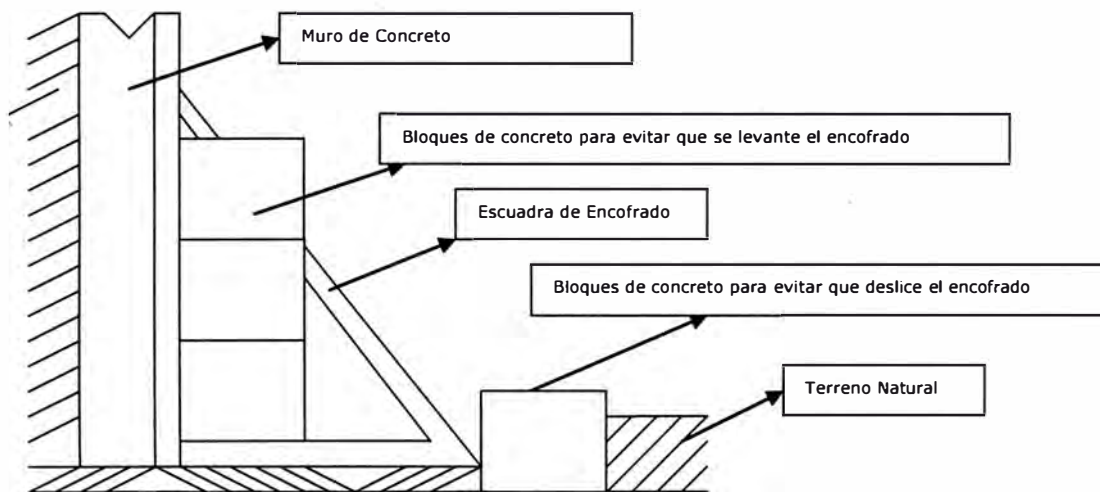


Figura 2.9 Esquema de encofrado a utilizar.

Una opción es enterrar a medio cuerpo un bloque de concreto en cada escuadra en el extremo opuesto a la papelería de encofrado aprovechando el empuje pasivo para que no se produzcan deslizamientos y por consiguiente, desplomes en las placas.

En el proceso de construcción de Muro Pantalla, antes del encofrado, se encuentra un problema al dejar puesto el empalme vertical del acero del muro. Una solución es hacer una zanja para que en ella ingrese el empalme debidamente forrado con plástico y luego se rellena con arena.

Colocar un tablón de madera para formar un soporte y una superficie nivelada para el encofrado.

- Los paneles, son los más fáciles de tratar, vienen en paños y hay que armarlos de modo tal que encajen en el muro y no interrumpan el acceso del concreto y el anclaje del muro.
- El sistema de apuntalamiento, está debidamente diseñado para soportar la presión del concreto, su movilización se logra con ayuda de una grúa, además, para poder armar las diferentes piezas del encofrado se necesitara de un andamio, el personal está obligado a usar arnés para estas maniobras.
- El sistema que se presenta en la siguiente foto, es el recomendado por mas ingenieros, los bloques de concreto evitan los desplazamientos tanto vertical como el horizontal en los elementos del encofrado.

- Gracias a que se entierran estos bloques de concreto la rigidez horizontal está asegurada. Además los bloques superiores evitan que se levante el encofrado.
- Debido a q no hay puntos de apoyo, se utilizan en muchos casos como elemento de apoyo el material de la excavación, asegurando el encofrado con más puntales, maderas, etc. Con todo aquello que evite el movimiento del encofrado.

f) Vaciado de Concreto

El concreto usado en los muros pantalla estará diseñado teniendo en cuenta que a la hora de hacer el tensado de los anclajes, éstos actuarán sobre el muro haciendo punzonamiento, se recomienda que el muro tenga una resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para el tensado; por tal motivo, usualmente se diseña un concreto de mayor resistencia y así poder efectuar el tensado de los cables a los pocos días del vaciado y evitar retrasos.

Vaciado

El vaciado del concreto se hará mediante bombeo, con ayuda de una grúa o de forma manual con carretillas, dependiendo de las posibilidades de vaciado.

Vibrado

El vibrado nos asegura una buena densidad en el concreto evitando la formación de cangrejas (espacios de vacíos en el concreto), aunque también se usa concreto con aditivos.

El vaciado se realiza con bomba y en capas de 0.40m, con una velocidad adecuada, desde una altura considerable y un vibrado cuidadoso.

Desencofrado

El desencofrado tendrá el siguiente orden:

- Retirado de los bloques de concreto usando la grúa.
- Retirado de las escuadras, planas y puntales de la base.

Curado

Se recomienda hacer un curado químico que es más efectivo y rápido.

Picado

En las zonas de rebabas irán las losas y para tener una uniformidad en el muro, se hace el picado de rebabas.

Resane de Muros en Zona de Anclaje

A la hora de retirar el encofrado, se hace el resane en la superficie del hueco destinado a los anclajes por ser una superficie irregular, lo cual impediría que se transmita adecuadamente la fuerza de tensado a los anclajes de una manera adecuada.

g) Tensado

Terminada la construcción del paño de muro de concreto, se colocará el cabezal, para proceder con su tensado. Para esto, se debe confirmar que la lechada de la inyección del anclaje tenga 3 días de ejecutada como mínimo (o su equivalente en resistencia de 210 kg/cm² en ese lapso de tiempo).

Durante la ejecución del tensando se tendrá especial cuidado para que ninguna persona se encuentre en la línea de tiro del anclaje, en previsión que pueda romperse un cable por falla de fabricación y salga proyectada la cuña de fijación.

2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTROLES

Se prevé para el tema de seguridad, las medidas de control, según:

Tabla 2.2 Tareas, impactos y medidas de control.

DESCRIPCION DE LA TAREA	RIESGOS E IMPACTOS	MEDIDAS DE CONTROL
PASO 1: Inspección en el área de trabajo	Caidas a nivel, tropiezos.	Orden y limpieza en el área de trabajo.
PASO 2: Traslado de materiales al área de trabajo.	Daños a los materiales, golpes al trasladarlos, tropiezos y caídas a nivel.	Se deberá trasladar por área señalizada.
PASO 3: Banquetas	Atropello, Caidas de objetos	Se contará con un señalero para la retroexcavadora, uso de casco y silbato
PASO 4: Perforación e inyección de lechada de concreto	Proyección de partículas, ruido, sobre esfuerzos, contacto con sustancias nocivas e inhalación con sustancias nocivas.	Se utilizará careta facial, lentes, tapones auditivos tipo orejeras, guantes tipo cuero, respiradores con filtro para gases, carga máxima por persona 25 kg.
PASO 5: Perfilado y pañeteo de los taludes libres	Proyección de partículas, riesgo de trabajo en espacios confinados, atrapamientos.	Se utilizará careta facial, lentes, arnés de seguridad con línea de doble enganche y una soga de línea de vida con un vigia en la parte superior
PASO 6: Colocación de acero	Golpes, caídas a nivel, tropiezos y caídas de altura	Orden y limpieza en el área de trabajo, uso de guantes de hilo SHOWA 330 , uso de arnés de seguridad y línea de doble enganche
PASO 7: Encofrado metálico	Golpes, caídas a nivel, tropiezos, cortes y caídas de altura	Orden y limpieza en el área de trabajo, uso de guantes de jebe, uso de arnés de seguridad y línea de doble enganche
PASO 8: Vaciado de concreto	Proyección de partículas, contacto con sustancias nocivas. Caidas de altura	Utilizar lente de seguridad, guantes de jebe, traje tivet, arnés de seguridad y línea de doble enganche
PASO 9: Desencofrado	Golpes, caídas a nivel, tropiezos, cortes y caídas de altura	Orden y limpieza en el área de trabajo, uso de guantes de jebe, uso de arnés de seguridad y línea de doble enganche
PASO 10: Curado Químico	Derrame de sustancias químicas	Se utilizara respiradores con filtro para gases, uso de lente, careta o antiparra y el traje trivet.
PASO 11: Tensado del anclaje	Golpes, tropiezos, cortes	Orden y limpieza en el área de trabajo, uso de guantes de cuero.

2.6 TREN DE ACTIVIDADES

Según la programación establecida en el tren de actividades para el primer anillo (hasta el nivel -3.50) de los muros pantalla, se consideró la secuencia mostrada en la Tabla 2.2

Tabla 2.3 Tren de Actividades de muro pantalla (primer anillo).

		25			26			27						
		Die	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
		Fech	25.6	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7
Actividad		Turno	ANILLO 1											
EXCAVACION	Conformación de Acceso	m3											800	500
	Corte y Eliminación a Volquete	m3												
	Equipos GyM	gib												
	Corte y Acopio	m3												
	2da Excavadora - Eliminación	m3												
	Acopio Material (Muro de ingreso)	m3												
	Refrío con material propio	Gib												
ANCLAJE	Ingreso de Equipos	Gib												
	Anclajes	Unds												
	Salida de Equipos													
PERFILAR	Demoler	am	P14											
		pm	P8											
	Perfilar / Excavación Manual	am	P6	P8		P4			P10					
		pm	P14			P2			P12					
Acero	am		P6	P8	P4		P2	P10						
	pm	P14	P11					P12						
Encofrado	am		P14	P11	P8		P4	P2	P12	P10				
	pm		P6											
Concreto	pm			P6	P8			P2	P12	P10				
		P3	P14		P11			P4						
Desencofrado	AM	P9	P3	P14	P6		P11		P4	P12	P10			
							P8		P2					
Tensado	am	P7	P9		P3		P14	P11			P2	P12	P10	
	pm	P13					P6	P8			P4			

Esta partida se calculo en base a una cuadrilla compuesta por:

- 1 capataz fierro
- 1 capataz encofrado
- 3 operarios fierros + 1 oficial
- 3 operarios carpinteros + 1 oficial
- 2 operarios concreteros + 1 oficial
- 1 operario topografía + 1 oficial
- 1 peon

Para el inicio de operaciones se cuenta con una excavadora con cuchara de capacidad 1m³. Con ella se realizarán los trabajos de excavaciones, conformaciones, movimiento de materiales, encofrados, bloques, etc.

De la misma forma se cuenta con la perforadora, la compresora de aire comprimido y la mezcladora, para los anclajes de los muros pantalla.

Según la secuencia del tren de actividades:

- 1er día, perfilado y excavación.
- 2do día, colocación de acero
- 3er día, encofrado y vaciado

El tensado de cada paño se realizará al tercer día después del vaciado (cuando según pruebas de laboratorio indiquen que alcanza la resistencia mínima de 210kg/cm²).

La distribución de la sectorización del primer anillo se indica en la Figura 2.9.

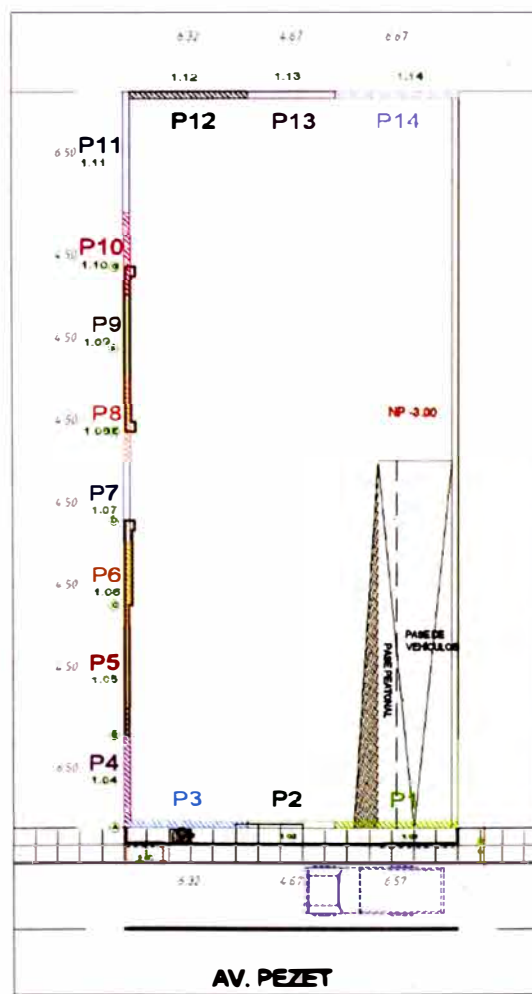


Figura 2.10 Sectorización de 1er anillo, muros pantalla.

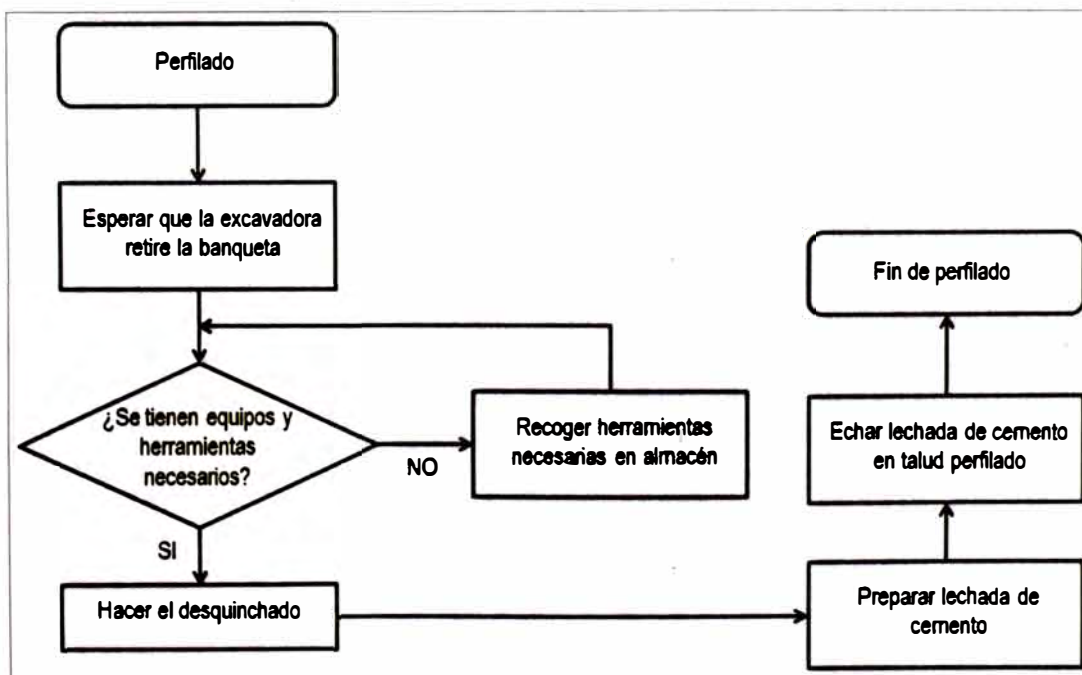
3 CAPÍTULO III: IDENTIFICACION DE RESTRICCIONES Y CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD

El presente informe pretende dar algunas pautas para aumentar la productividad de la mano de obra, además estos ligados a otros factores externos como: deterioro de equipos, mala distribución en layout, error en formular secuencia de actividades, que a la larga generan tiempos de esperas en la mano de obra en este tipo de proyectos en particular. Debemos mitigar estos tiempos improductivos y sacarles el máximo provecho, ya que la mano de obra es la fuente de riqueza sobre la cual tenemos control directo.

3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

Con la intención de entender mejor los procesos y las respectivas etapas que comprenden y su interacción, empleamos los diagramas de flujo. Si bien no es 100% real y correcto (pues los procesos no son independientes, se deberían analizar en conjunto), estos nos permiten analizar y mejorar dichas secuencias establecidas, relacionándolas en ocurrencia con la realidad. También se podrían ligar a otros factores indirectos al proceso en sí.

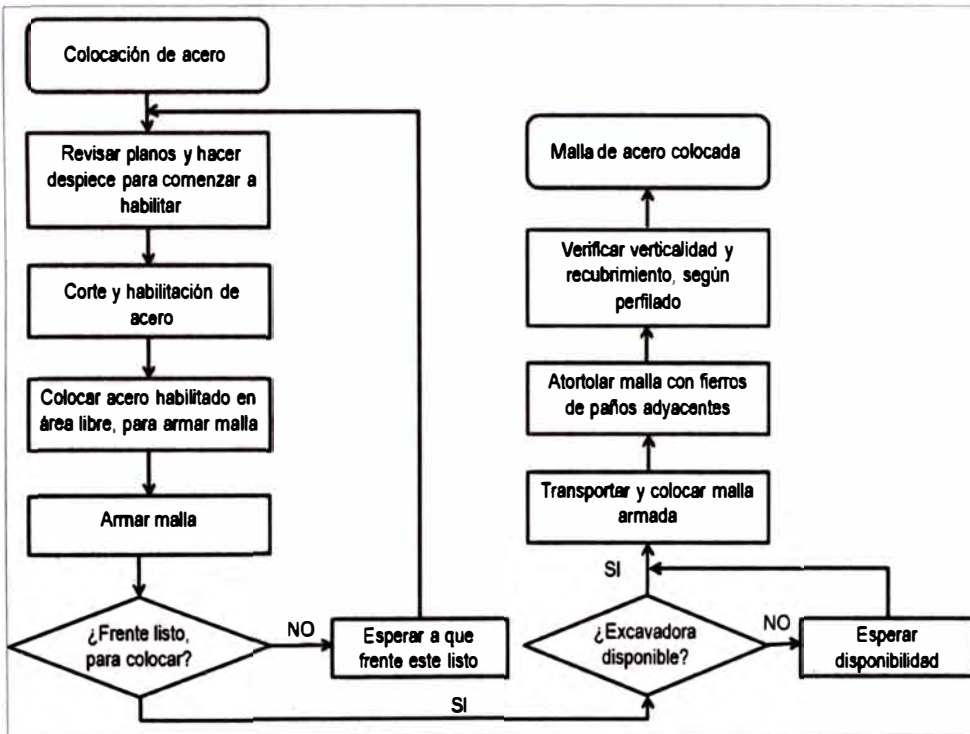
3.1.1 Diagrama de flujo Perfilado



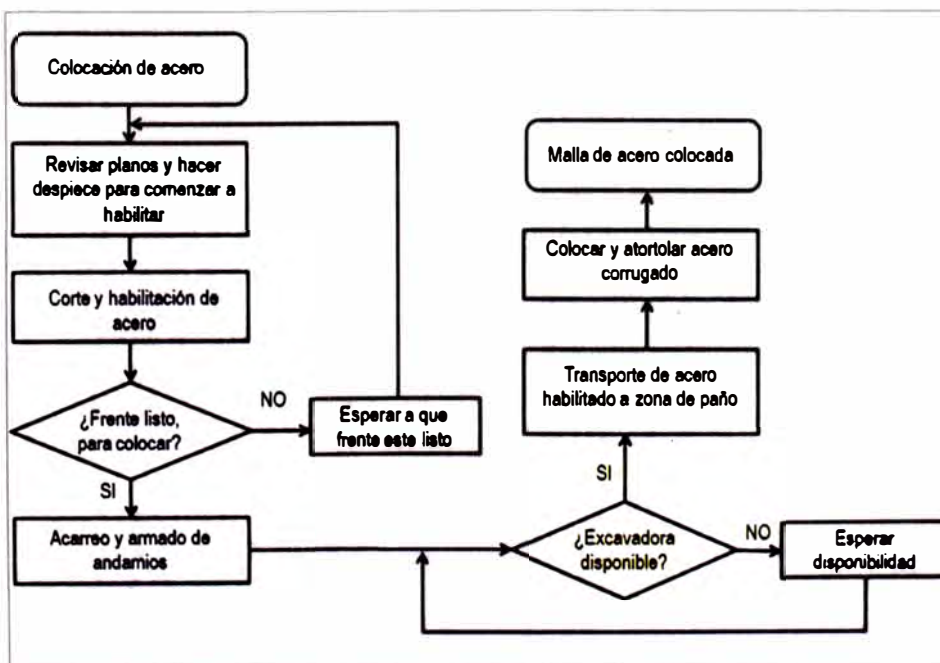
3.1.2 Diagrama de flujo habilitado y colocación de mallas de acero

El proceso de enmallado de los muros pantalla se hizo de dos maneras, que se diferenciaron esencialmente en el colocado ya que algunas armaduras fueron tejidas en el taller y bajadas a campo con el uso de la grúa y otras fueron tejidas directamente en el muro ya perfilado.

Caso 1: Colocación de malla armada con excavadora



Caso 2: Colocación de malla armada in situ



3.2 ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD

Toda operación de construcción es susceptible de ser mejorada ya sea al inicio de la misma o durante su ejecución. Dentro de un proceso de mejora continua, se debe buscar la optimización de los procesos constructivos a lo largo de todo el tiempo que dure el Proyecto. Es responsabilidad de los ingenieros de producción identificar y aprovechar todas las oportunidades de mejora que se puedan presentar. Si se estima necesario (por ejemplo, ante resultados negativos de los *Informes de Productividad*), se planteará un estudio de productividad de una actividad determinada.

Con el fin de optimizar un proceso constructivo, el estudio de productividad se enfoca en reducir los tiempos improductivos (esperas, viajes con las manos vacías, tiempos ociosos, etc), las interferencias con otras actividades, el uso inadecuado de equipos, etc.

El Estudio de Tiempos o Estudio del Trabajo es una técnica proveniente de la industria manufacturera para el análisis de operaciones, con el objeto de mejorar la Productividad. La construcción tiene varias preocupaciones comunes con las de la industria manufacturera, como son:

- ✓ Uso correcto del recurso humano.
- ✓ Mejor utilización y mantenimiento posible de los equipos.
- ✓ Transporte y distribución eficiente de los materiales.

A través de un estudio de tiempos se puede lograr:

- ✓ Aumentar la eficiencia de los métodos de trabajo.
- ✓ Obtener la máxima utilización de equipos.

A continuación se exponen los pasos a seguir para elaborar un estudio de productividad:

a. Realizar un seguimiento en campo del proceso constructivo, recogiendo algunos datos como:

- ✓ La secuencia real que sigue el proceso constructivo en análisis (no aquella que se cree que se está aplicando).
- ✓ Tiempos muertos del personal obrero.

- ✓ Recoger opiniones y sugerencias del personal obrero respecto de las causas que producen tiempos muertos, y que han sido identificadas por ellos mismos.
- ✓ Grado de utilización de los equipos.
- ✓ Principales problemas observados que paralizaron los trabajos.
- ✓ Layout de distribución del personal y los equipos.

b. Luego de haber examinado la operación en campo, se debe proponer hacer un análisis más formal de los problemas detectados mediante un Estudio de Tiempos o Estudio del Trabajo, que tratado más adelante. Con este análisis se podrá cuantificar la magnitud de las pérdidas y de las oportunidades.

c. Proponer alternativas de mejora y probarlas.

Para realizar un estudio de tiempos se pueden usar varias técnicas, entre ellas se proponen las siguientes, que destacan por su simplicidad e impacto:

- ✓ Mediciones de nivel general de actividad.
- ✓ Cartas de balance.

3.2.1 Informe de Productividad (IP)

El IP es un informe que mide la *eficiencia* con que se ejecutan las actividades que conforman el Proyecto, comparando la eficiencia real con la eficiencia prevista en el Presupuesto. El Responsable del Control de Productividad, se define al inicio del Proyecto, y es el encargado de elaborar este informe.

La *eficiencia* se expresa como la cantidad de *recursos* consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

En función al tipo de recursos controlados, se tienen normalmente dos Informes de Productividad:

IP de Mano de Obra:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajadores en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas hombre (HH), siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra. Por ejemplo, HH consumidas por kilogramo de acero colocado (HH/Kg) o HH consumidas por metro de zanja excavada (HH/m).

IP de Equipos:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o pull de equipos en el consumo de los recursos de Equipos al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas máquina (HM). Sin embargo, no se puede usar la HM como unidad de medida de la Productividad, ya que generalmente el pull de equipos está conformado por equipos diferentes entre sí (distintos en función, en potencia, en consumo de combustible, etc.). Para medir la Productividad del pull de equipos se traducen las HM a su costo en dinero, siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de los equipos. Por ejemplo, dólares consumidos por metro cúbico de excavación masiva (\$/m³) o soles consumidos por metro cuadrado de preparación de terreno (S/. /m²).

En este caso, se verá el IP de Mano de Obra, sobre el cual se tratará en lo sucesivo.

El consumo de *recursos* expresado por unidad de trabajo se llama *ratio*. La cantidad de trabajo que ejecuta una *cuadrilla* se llama *rendimiento*.

$$\text{Ratio de Mano de Obra} = \frac{\text{HH consumidas}}{\text{Volumen de producción ejecutado}}$$

A continuación se muestra el historial de los ratios de productividad (IP de mano de obra) asociados a las partidas de control correspondientes a la construcción de muros pantalla. A partir de dichos resultados se tomó la decisión de analizar la productividad con herramientas como carta balance y nivel general de actividad.

Cabe señalar que en el Informe de Productividad (Tabla 3.2), las celdas que indican que el ratio es cero "0.00", no significa que se han utilizado pocas o ninguna HH para ejecutar un trabajo, sino que no se reportaron ni HH, ni avance ejecutado. En el caso de las partidas donde no se haya reportado HH, pero si avance, las celdas indicarán "Faltan HH". Por el contrario cuando no se reporte avance y sí HH, indicará "Falta avance".

Las celdas resaltadas en verde, reflejan las paralizaciones de las actividades productivas, para darle paso al movimiento de tierras.

Tabla 3.2 Informe de Productividad (IP) del Proyecto.

Código partida	Nombre de partida de control	Unidad	Presupuesto Meta	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
				Sem 40	Sem 39	Sem 38	Sem 37	Sem 36	Sem 35	Sem 34	Sem 33	Sem 32	Sem 31	Sem 30	Sem 29	Sem 28	Sem 27	Sem 26	Sem 25	Sem 24
0101	Obras provisionales y Trabajos preliminares	HH/Glb	60.00	102.50	147.50	49.00	46.00	144.50	41.00	120.00	132.00	159.00	159.00	101.00	122.00	332.00	179.00	83.50	66.50	121.50
0102	Supervisión Capataces	HH/Glb	120.00	91.50	55.00	61.50	53.50	35.50	86.00	109.50	68.50	52.50	95.50	73.50	58.50	50.50	48.50	47.50	98.50	51.00
0103	Topografía	HH/mes	120.00	49.00	57.50	94.50	88.50	16.50	74.50	103.00	75.50	49.00	44.00	86.00	100.00	91.50	45.00	79.00	96.00	87.50
0105	Acarreo manual y limpieza	HH/mes	60.00	42.50	9.00	20.00	40.00	1.00	12.00	23.00	38.00	Faltan HH	40.00	Faltan HH	17.50	17.50	15.50	48.50	5.50	33.50
0201	Movimiento de Tierras	HH/m3	2.50	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Falta avance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Falta avance
0203	Perfilado	HH/m2	0.45	0.24	0.38	0.40	0.41	0.00	0.44	0.45	0.43	0.00	0.44	0.43	0.49	0.45	0.00	0.86	0.88	1.09
0205	Encofrado y desencofrado de Muro Pantalla	HH/m2	1.20	1.16	1.16	1.04	1.33	0.00	1.07	1.17	1.53	0.00	1.13	1.43	1.74	Falta avance	Falta avance	1.79	1.99	3.38
0301	Concreto Premezclado	HH/m3	1.00	0.33	1.08	1.34	0.96	0.00	0.95	0.98	0.00	0.00	0.57	1.17	1.12	0.00	0.00	0.90	1.37	1.42
0303	Acero	HH/kg	0.055	0.000	0.034	0.053	0.051	0.000	0.046	0.057	0.082	0.000	0.041	0.052	0.080	0.135	0.000	0.060	0.056	0.095

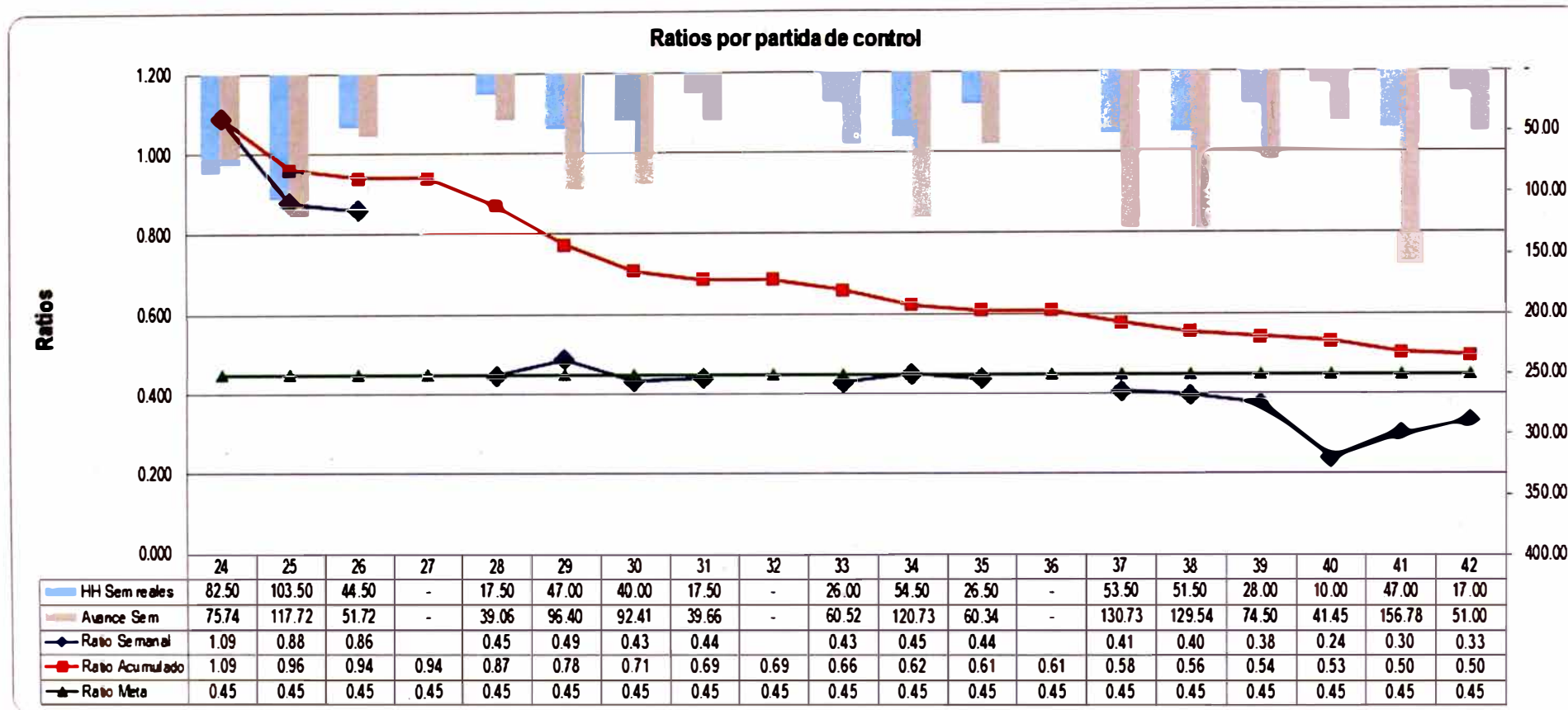


Figura 3.1 Ratios de Productividad de Perfilado (HH/m2).

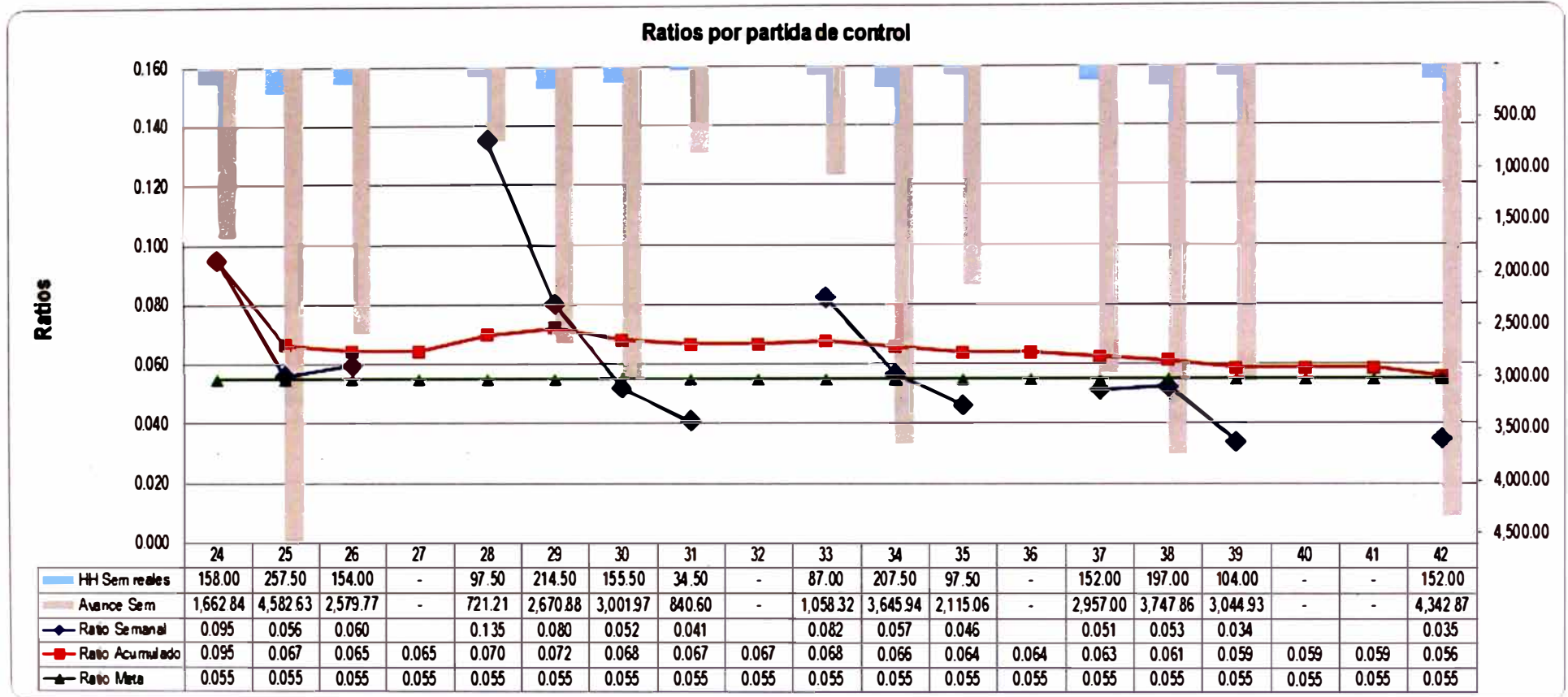


Figura 3.2 Ratios de Productividad de Acero (HH/Kg).

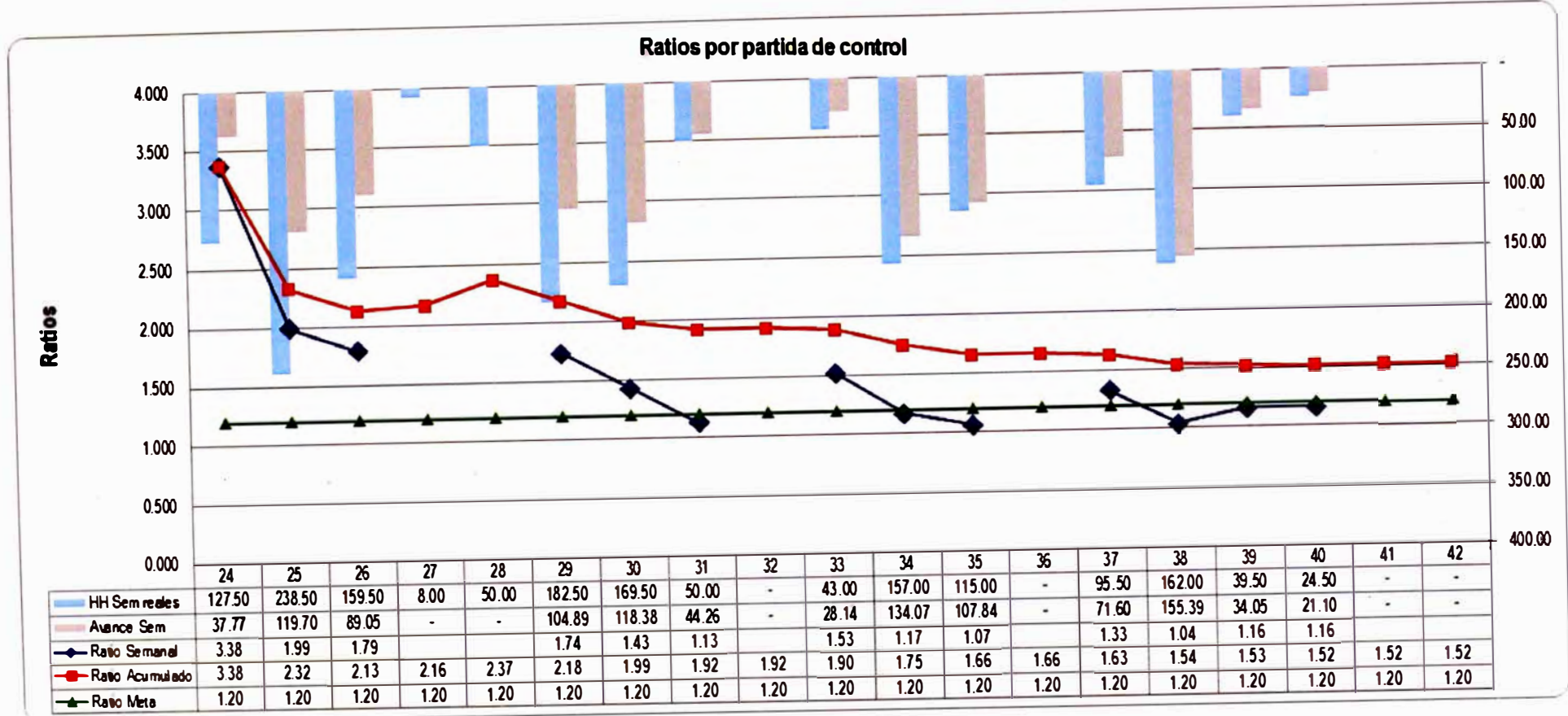


Figura 3.3 Ratios de Productividad de Encofrado (HH/m2).

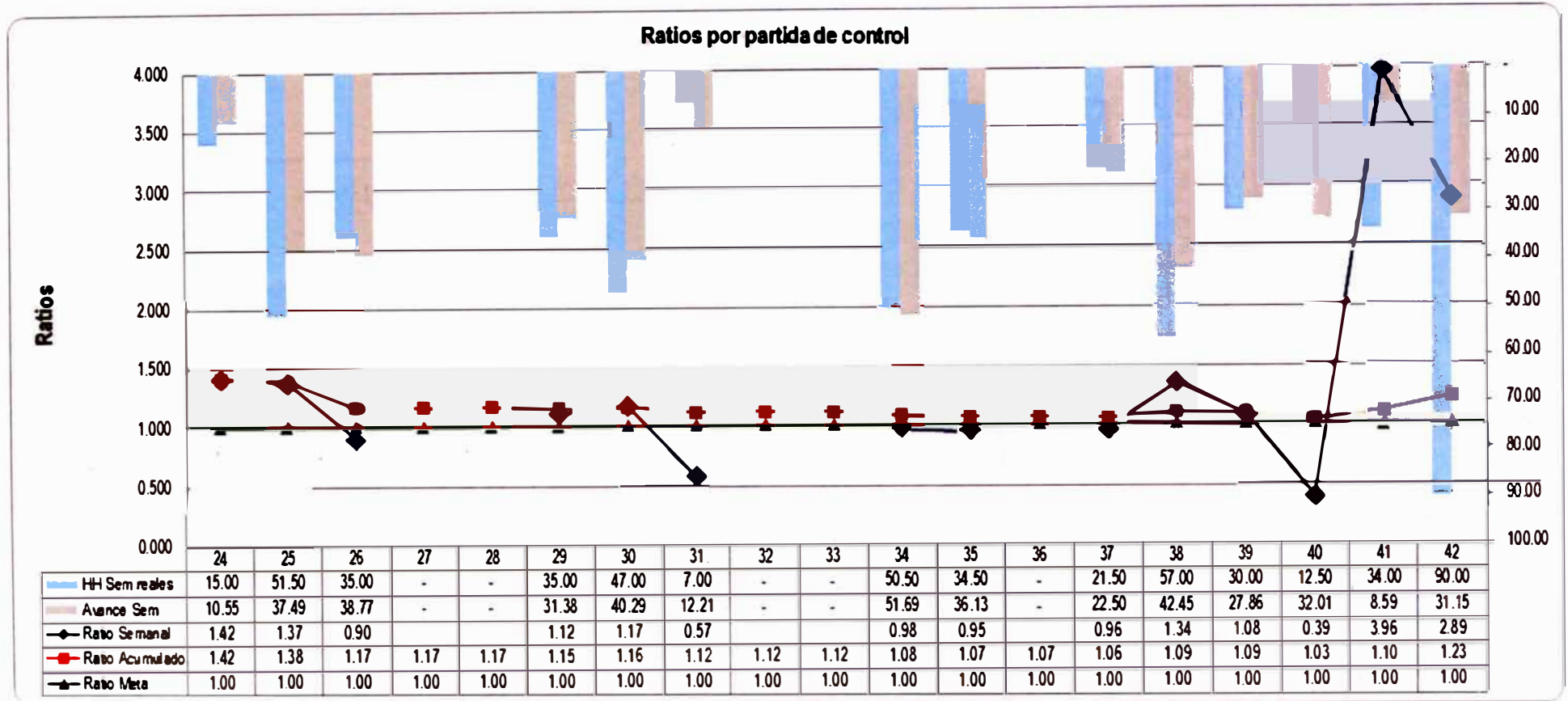


Figura 3.4 Ratios de Productividad de Concreto (HH/m³).

3.2.2 Nivel General de Actividad

En la medición tomada para la elaboración del Nivel General de Actividad, se consideró el personal de instalaciones que tiene muchas esperas o atención a otras actividades.

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
08/08/2012	50	152	104	306

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
08/08/2012	16.3%	49.7%	34.0%	100%

PROM 16% 50% 34%

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	X
53	25	20	0	54	0	9	95	0	0	0	0

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	X
35%	16%	13%	0%	36%	0%	9%	91%	0%	0%	0%	0%

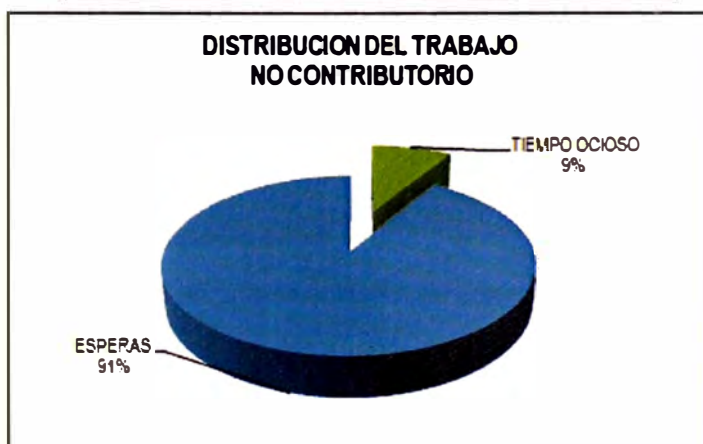
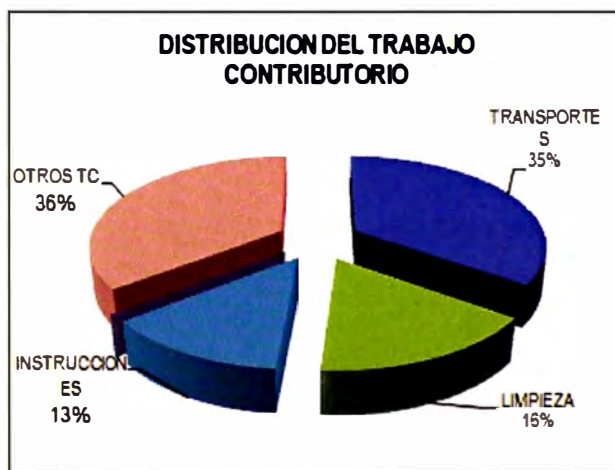


Figura 3.5 Muestreo de Nivel General de Actividad

Dichos resultados se pueden interpretar de la siguiente manera:

Se observa a personal de la cuadrilla de acero haciendo acarreo y armado de andamios para la colocación de acero (a pesar de no ser una actividad netamente productiva, se hace por poco personal de carpintería). Esto se traduce en tiempo contributivo. Del mismo modo el acarreo del acero habilitado contribuye al TC.



Figura 3.6 Acarreo de andamios de la cuadrilla de acero



Figura 3.7 Armado de andamios de la cuadrilla de acero

Con respecto a la cuadrilla de encofrado, gran porcentaje de limpieza hace referencia a la habilitación del encofrado sucio, pues quedan rezagos de concreto adheridos a los paneles de encofrado y escuadras. Además del acarreo

de algunas de estas piezas para completar la modulación de un paño. Muchas ocasiones algunas piezas quedan enterradas por lo cual, se consume más tiempo en sacar la piezas atrapadas. En esta labor también contribuye el capataz.

En referencia a lo considerable de la limpieza es hacer acarreo de materiales para izarlos en paquetes a otro punto de trabajo. Esto cuando baje la carga de trabajo de la excavadora (movimiento de tierras, sacar la banqueta, colocación de módulos de encofrados, colocación de bloques de concreto para asegurar estos, etc).



Figura 3.8 Tiempos de espera en maniobras de excavadora

Además de las maniobras de la excavadora (conformación de accesos, acarreo de materiales, colocación de bloques para encofrado, movimiento de estos, desencofrado, etc). Lo reducido del espacio (restringido a veces por la tuberías para el concreto bombeado, almacenamiento de materiales) y el difícil acceso a puntos de trabajo hace que muchos de los acarreos sean manuales. Existencia de desorden y pérdida de tiempo por tal motivo. Este punto es crítico, ya que maniobras excesivas de la excavadora generan muchos tiempos de espera en diferentes actividades.



Figura 3.9 Acarreo de bloques con excavadora.



Figura 3.10 Distribución de zonas de trabajo en campo.

3.2.3 Carta Balance

Se realizó cartas balance de algunas actividades para analizar las causas de los tiempos contributorios y de tiempos improductivos, para minimizarlos a futuro.

Carta Balance de Acero - Muestra 1

Tabla 3.3 Distribución del tiempo y recursos – Muestra 1.

	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO
Trabajo Productivo	0%	0%	7%	0%	53%	0%	10%
Acarreo de acero	0%	7%	0%	37%	7%	0%	8%
Habilitado de acero	0%	0%	37%	0%	17%	0%	9%
Armado y desarmado de andamio	0%	27%	0%	0%	0%	77%	17%
Pasado de acero	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ir a almacén a recoger	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instrucciones	40%	10%	3%	0%	0%	3%	9%
Revisión de planos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cortado de acero	0%	0%	0%	13%	3%	0%	3%
Traslado de materiales	27%	13%	0%	7%	0%	13%	10%
Selección de acero	0%	0%	7%	27%	0%	0%	6%
Busqueda de materiales	0%	0%	0%	7%	0%	0%	1%
Apuntalamiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Medición	7%	3%	0%	10%	10%	3%	6%
Trabajo No Contributivo	27%	40%	47%	0%	10%	3%	21%

TP	TC	TNC
10%	69%	21%

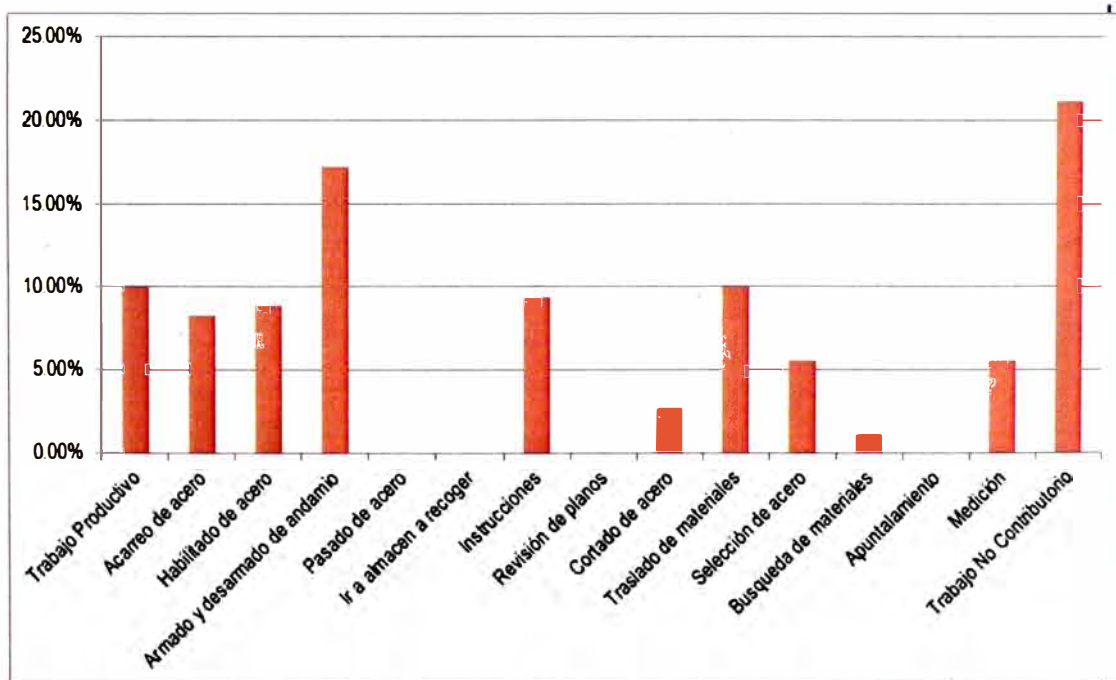


Figura 3.11 Diagrama de distribución de tiempos y causas atribuibles – Muestra 1.

Este análisis se hizo antes del armado y acarreo de andamios (traslado de andamios) que realiza dicha cuadrilla, que resulta incidente en este análisis. El acarreo de acero se realiza en casi toda su. La cantidad de instrucciones aumentan, pues se tiene que coordinar la disposición y ubicación de andamios para el correcto armado, disposiciones generales de inicio de actividad, revisión de correcto habilitado de piezas antes de colocación, etc

Carta Balance de Acero – Muestra 2

Tabla 3.4 Distribución del tiempo y recursos – Muestra 2.

	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO
Trabajo Productivo	43%	63%	0%	0%	67%	77%	42%
Acarreo de acero	7%	3%	10%	30%	3%	7%	10%
Habilitado de acero	0%	0%	40%	0%	0%	0%	7%
Armado y desarmado de andam	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pasado de acero	0%	0%	0%	10%	0%	0%	2%
Ir a almacén a recoger	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instrucciones	27%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Revisión de planos	0%	0%	20%	0%	0%	0%	3%
Cortado de acero	0%	0%	7%	30%	0%	0%	6%
Traslado de materiales	0%	0%	0%	7%	0%	0%	1%
Selección de acero	0%	0%	7%	7%	0%	0%	2%
Busqueda de materiales	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Apuntalamiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Medición	13%	7%	0%	0%	0%	0%	3%
Trabajo No Contributorio	10%	27%	17%	17%	30%	17%	19%

TP	TC	TNC
42%	39%	19%

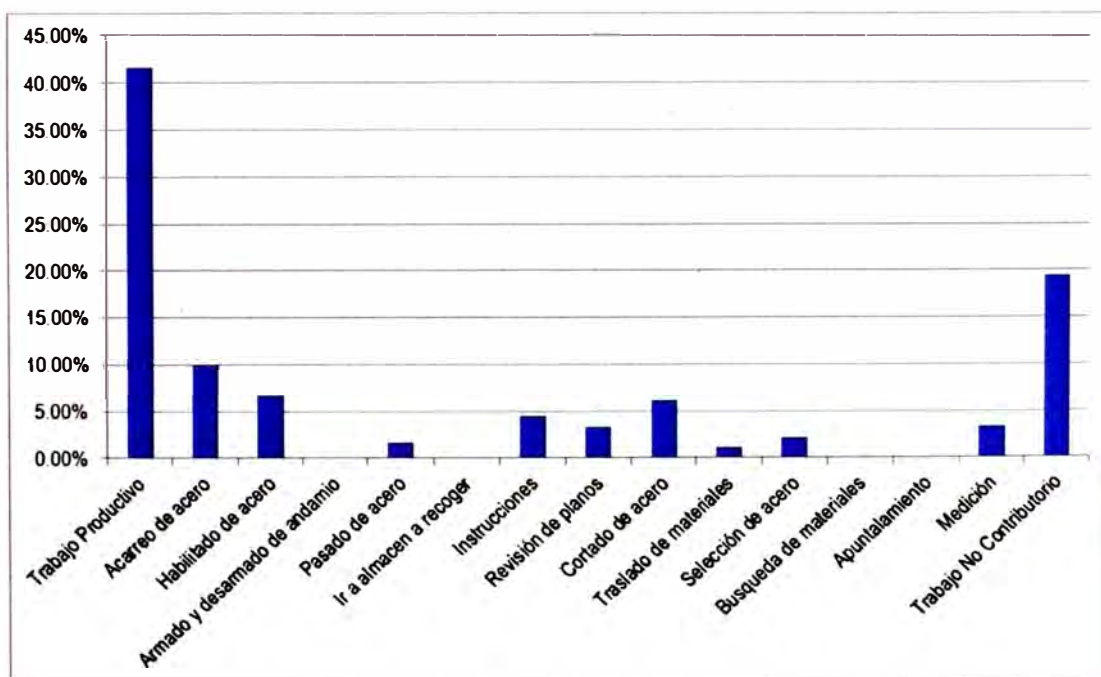


Figura 3.12 Diagrama de distribución de tiempos y causas atribuibles – Muestra 2.

Este análisis se realizó cuando la plataforma de andamios se encontraba ya armado (por ello la razón que esta causa tiene incidencia 0%) y la malla fue armada in situ (habilitadas en banco, según medidas de planos).

La mayor incidencia en los TNC se observa en el acarreo del acero, probablemente por la saturación del equipo grúa y la falta de espacio para que esta genere una plataforma plana donde acopiar estos, esto genera el

movimiento de personal para acarrear el material en pequeñas cantidades (tiene que recogerlo desde el banco, cruzando el acceso de la excavadora, a veces esperando a que esta se movilice). Esto a su vez ocasiona un tiempo de espera, pues no todas las personas van a acarrear generando tiempos improductivos (conversar, por ejemplo). Esto en menos medida que al análisis anterior.

Cabe resaltar, que parte de este análisis se hizo cuando las tareas se dirigían más hacia la colocación de las varillas, por eso el alto % de trabajo productivo.

3.2.4 Análisis de Confiabilidad

El análisis de confiabilidad tiene como objetivos:

- ✓ Medir la confiabilidad del sistema de la programación, es decir la precisión con la que podemos predecir lo que se hará en la semana.
- ✓ Identificar y eliminar las causas que no permiten obtener el 100% del cumplimiento del plan semanal.
- ✓ Aprender sistemáticamente de las experiencias que se estén obteniendo en el Proyecto, con el fin de no cometer errores repetitivos.

Para conseguir estos objetivos se utilizan las siguientes herramientas:

- ✓ PPC (Porcentaje del Plan Completado)
- ✓ Análisis de Causas de Incumplimiento.
- ✓ Análisis Periódico de Causas de Incumplimiento.

PPC (Porcentaje de Plan Completado)

El cálculo del PPC se hace en base al Plan Semanal o Programa Diario y se debe tomar en cuenta que:

- ✓ Se obtiene de dividir el número de tareas completadas durante la semana entre el número de total de tareas asignadas en el Plan Semanal o Programa Diario.
- ✓ Sólo se consideran las tareas 100% completadas, no se toma en cuenta el % parcial de avance de las mismas. Tener en cuenta que la información plasmada en el Plan Semanal deberá ser específica y cuantificable para su medición.
- ✓ Lo que se quiere medir no es el avance sino la efectividad y confiabilidad del Plan Semanal, es decir, la calidad de la Programación.

- ✓ Si durante la semana se tiene que descartar una tarea y hacer otra, esta nueva tarea no entra al conteo de tareas completadas, así como las actividades de reserva o "backlog" programadas.

Tabla 3.8 Cálculo del PPC

CUMPLIMIENTO DEL PLAN SEMANAL							
Mes	Sem	Tareas				PPC	
		Progr.	Realiz.	Acum.	Sem	Acum	
JUN	23	6	6	6	6	100%	100%
	24	6	12	6	12	100%	100%
	25	6	18	3	15	50%	83%
	26	7	25	7	22	100%	88%
JUL	27	11	36	8	30	73%	83%
	28	5	41	5	35	100%	85%
	29	13	54	3	38	23%	70%
	30	7	61	4	42	57%	69%
AGO	31	12	73	7	49	58%	67%
	32	10	83	7	56	70%	67%
	33	8	91	8	64	100%	70%
	34	9	100	7	71	78%	71%
SET	35	9	109	9	80	100%	73%
	36	6	115	6	86	100%	75%
	37	11	126	11	97	100%	77%
	38	13	139	10	107	77%	77%
OCT	39	17	156	12	119	71%	76%
	40	9	165	9	128	100%	78%
	41		165		128		78%
	42		165		128		78%
	43		165		128		78%
	44		165		128		78%

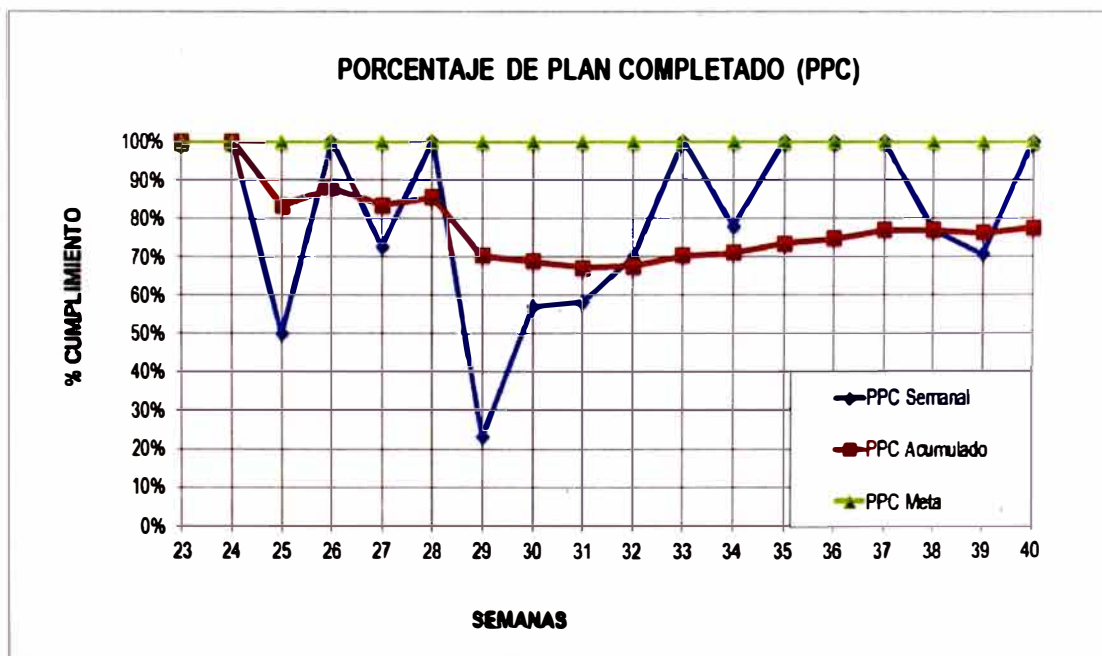


Figura 3.13 Gráfico de Porcentaje de Plan Cumplido Semanal (%).

Análisis de Causas de Incumplimiento

Este análisis consiste en identificar las razones o causas de incumplimiento de las actividades del Plan Semanal que no se completen al final de la semana, así como llevar un registro estadístico de las mismas para entender la frecuencia de su ocurrencia y buscar soluciones para las más importantes.

Los responsables de determinar las causas de incumplimiento son los jefes de cada frente de producción. Dichas causas deben ser validadas por el Oficina Técnica, y/o Ingeniero Residente, y/o Gerente de Proyecto.

A fin de uniformizar la información generada por medio de este análisis, se tienen las siguientes categorías de causas de incumplimiento como obligatorias para tener en cuenta dentro del análisis:

- ✓ Programación (PROG): Errores en la programación, cambios en programación, etc.
- ✓ Logística de Materiales (LOG MAT): Ausencia o insuficiencia de materiales en el Proyecto.
- ✓ Incumplimiento de otro frente (IOF): Retrasos en actividades previas.
- ✓ Cliente/Supervisión (CLI): Compromisos del cliente que no han sido realizados.
- ✓ Externo (EXT): Eventos extraordinarios como huelgas sindicales, accidentes.

Además de estas categorías mínimas tenemos un listado adicional de causas de incumplimiento que son particulares en cada Proyecto, por lo que se hace necesario identificar la aplicabilidad de cada una de estas. Entre estas tenemos:

- ✓ Ingeniería (ING); Cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal, incongruencias
- ✓ de los planos con la realidad del campo.
- ✓ Mantenimiento de Equipos (EQ); Averías o fallas en los equipos.
- ✓ Subcontratas (SC); Incumplimiento en la entrega de algún recurso o servicio subcontratado.
- ✓ Logística de equipos (LOG EQ); Falta de equipos.
- ✓ Topografía (TOP); Falta de replanteo topográfico.

- ✓ Logística de Personal (LOG PER); Problemas en el reclutamiento de personal.
- ✓ Permisos (PER); Incumplimiento de los organismos responsables de otorgar las licencias o permisos solicitados de antemano por el Proyecto.
- ✓ Errores de ejecución (EJEC); Retrabados durante el proceso constructivo.
- ✓ Control de Calidad (QA/QC); Fallas o atrasos del área de control de calidad del Proyecto.

Esta información es muy válida para analizar a nivel macro las causas de errores en programación y retrasos respecto al cronograma de obra, que son válidos para el control de factores externos que pueden afectar a la productividad en la mano de obra.

Para un análisis posterior y haciendo énfasis en la construcción de muros pantalla, podemos tener los factores externos que pueden afectar en la programación de tareas y pueden ser recurrentes en proyectos similares.

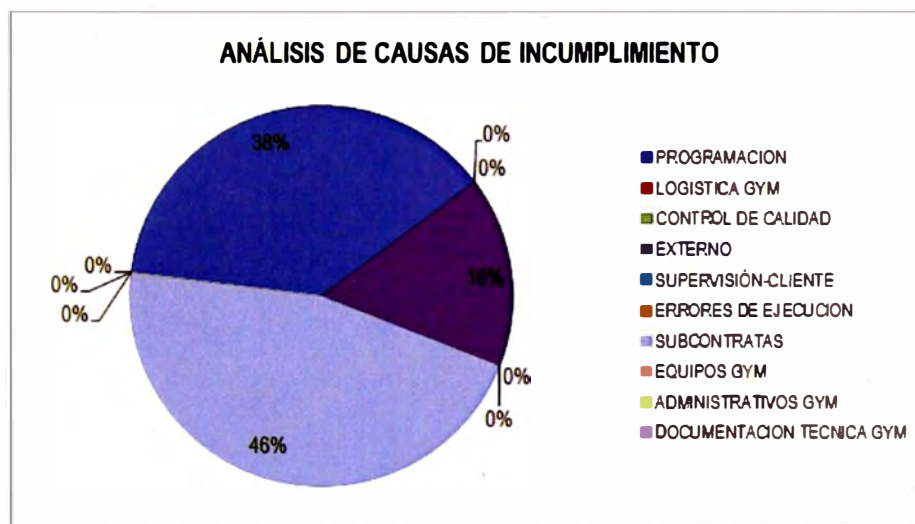
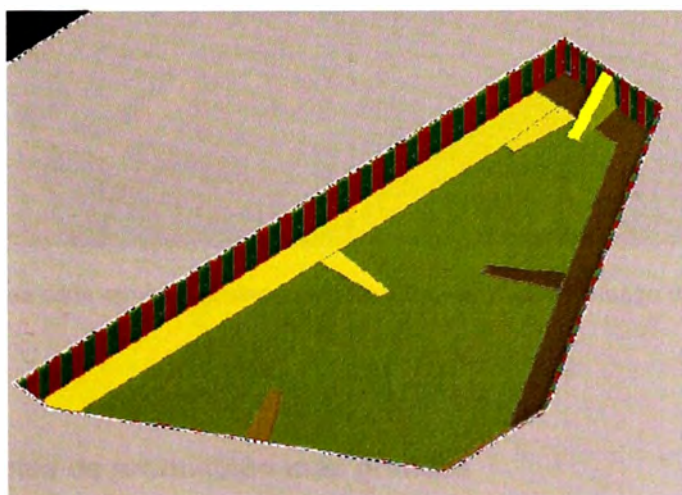
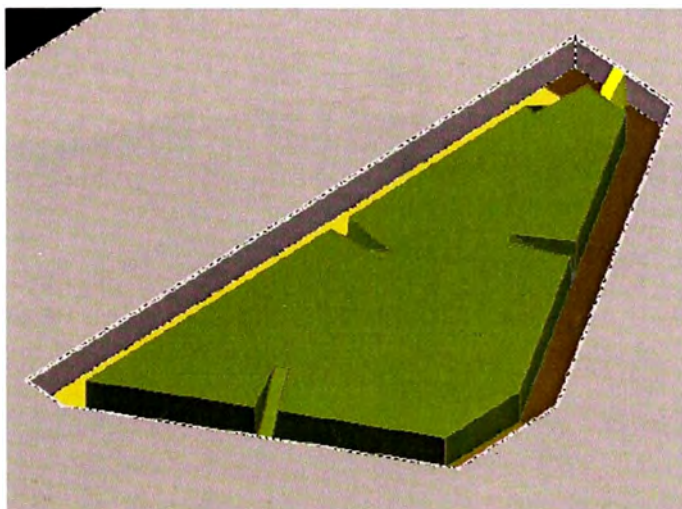


Figura 3.14 Distribución de Causas de Incumplimiento.

4 CAPÍTULO IV: OPORTUNIDADES DE MEJORA

4.1 Manejo de la variable espacial

En el contexto observado, la variable espacial es determinante en la construcción de proyectos con características similares. Por ello se recomienda el planeamiento frecuente de las áreas de trabajo, ya que cualquier interferencia produce retrasos. Esto con el tema de movimiento de tierras, conformación de plataformas de accesos y el control mismo del volumen excavado. Se podría adaptar el modelamiento en 3D (Aplicación del BIM) para optimizar el planeamiento diario o semanal.



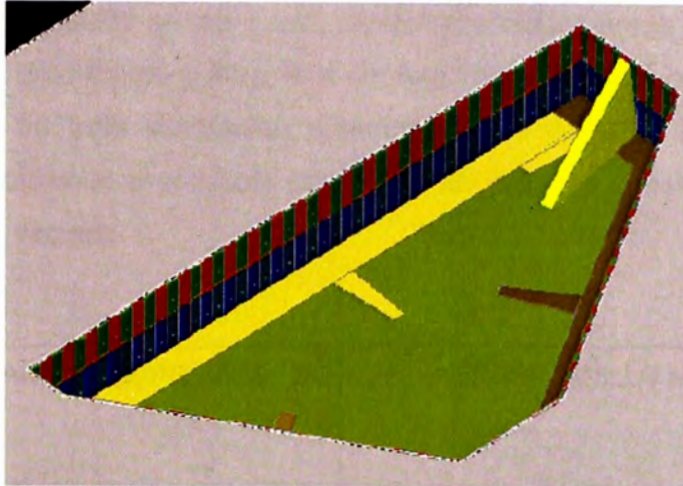


Figura 4.1 Vistas de Modelamiento en 3D en construcción de muros pantalla



Figura 4.2 Vistas de la rampa ejecutada en obra y uso de la misma, luego del movimiento de tierras.

4.2 Definir lotes de producción más grandes

Se puede plantear a los proyectistas encargados del sostenimiento con anclajes temporales, aumentar el tamaño de los paños de vaciado de muros pantalla. Se debe evaluar el beneficio/costo de colocar mayor refuerzo de anclajes temporales vs costo de tiempo.

En el proyecto estudiado se logró esto, aprovechando las áreas libres del predio vecino (amplio retiro frontal y área libre de estacionamiento en parte posterior) y la poca altura de esta edificación. Después de la consulta al proyectista y algunas modificaciones al proyecto original de anclajes, se consiguió el aumento de las áreas de vaciado.

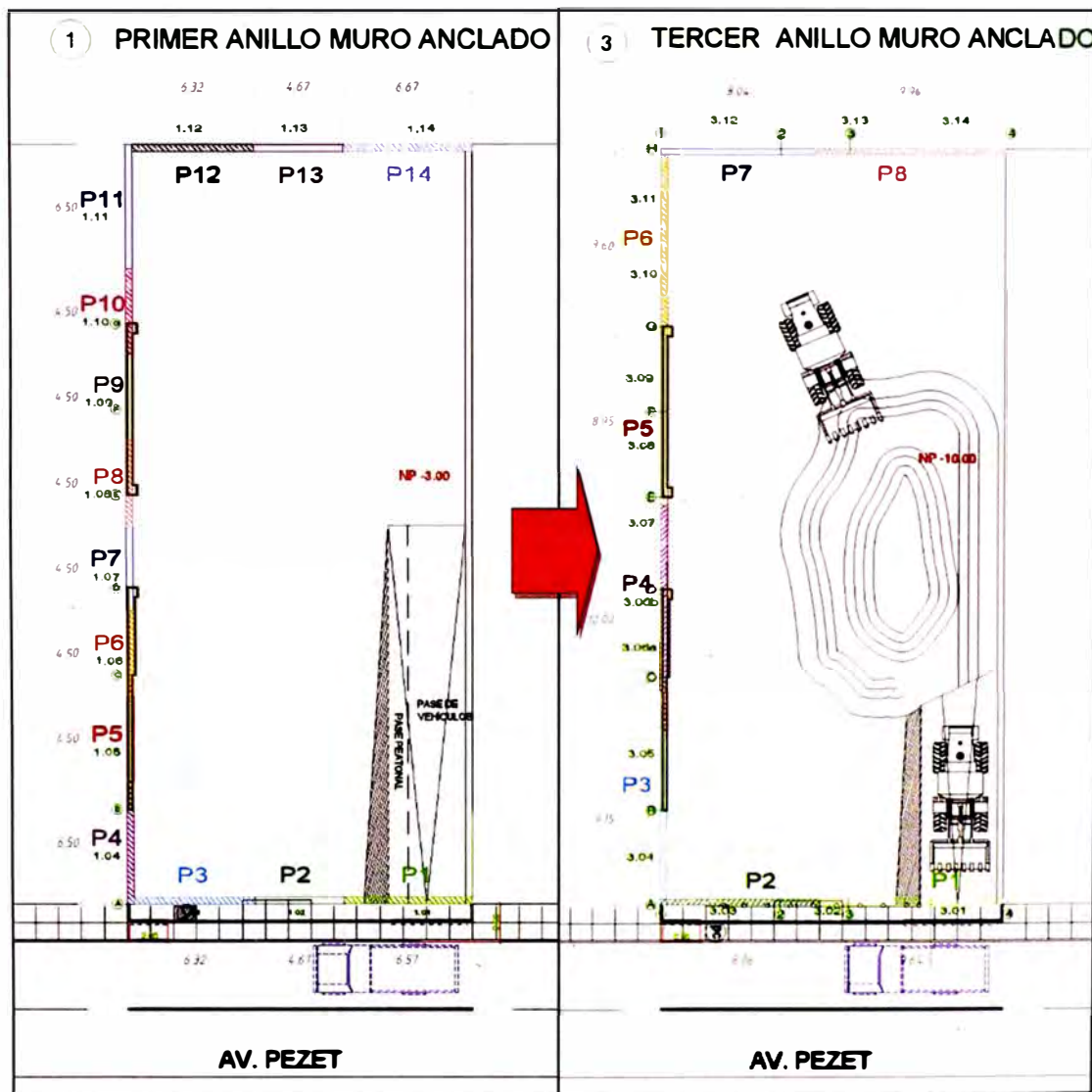


Figura 4.2 Incremento de paños de vaciado de muro pantalla



Figura 4.3 Vista de retiro posterior de predio vecino (17 metros aprox.)

4.3 Mejora de distribución de equipos en obra

Los tiempos de espera, son causados por el trabajo en paralelo realizado para hacer las perforaciones para los anclajes con el equipo. Cada vez que termina de perforar un punto, hace el remolque de la compresora neumática. Dicha maniobra requiere de espacio para hacer un giro si es necesario y el tiempo de enganchar la perforadora de orugas. Además de las maniobras de la grúa (conformación de accesos, acarreo de materiales, colocación de bloques para encofrado, movimiento de estos, desencofrado, etc). Lo reducido del espacio y el difícil acceso a puntos de trabajo hace que muchos de los acarreos sean manuales. Existencia de desorden y pérdida de tiempo por tal motivo.

En el proyecto esto fue cambiando, pues la productividad era muy baja a raíz de estos movimientos y se optó por mantener la compresora neumática del equipo de perforación al frontis de la obra (exterior). Si bien esto ocupada un espacio para recepción y descarga de materiales, sirvió de mucho para disminuir los tiempos de espera.

En el bombeo de concreto se puede sugerir la instalación de una bomba estacionaria, pues esto ayudaría a libre movimiento de la excavadora y menor tiempo de espera en procesos que dependen de esta. El sistema de tuberías para bombeo de concreto puede ser instalado y anclado, después de vaciar el primer anillo del muro pantalla.



Figura 4.4 Movimientos de excavadora, al fondo se observa equipo de perforación y compresora neumática.



Figura 4.5 Vista ampliada de los equipos mencionados en la Figura 4.4. compresora neumática (izquierda), mezcladora (derecha) y grupo electrógeno (al fondo).



Figura 4.6 Reubicación de la compresora neumática, haciendo uso de vía.

4.4 Paralizaciones en Mano de Obra

En un inicio se intentó realizar actividades en paralelo, lo que ocasiono bajos rendimientos por lo tratado anteriormente. A partir del 2do anillo se propuso paralizar la mano de obra mientras dure el movimiento de tierras, lo cual generó desocupación e incertidumbre en los trabajadores. Esto se pudo manejar reasignando a dicho personal a otras obras dentro de la empresa. Se pudo controlar la permanencia del personal. En algunos casos quedaban cuadrillas para obras provisionales y acarreo de materiales, los cuales rotaban para generar la seguridad en ellos.

Estas paralizaciones hicieron mejorar la productividad, pues después de las excavaciones la mano de obra se dedicaba netamente a actividades productivas con menos interferencias por realizar varias actividades en paralelo.



Figura 4.7 Excavación masiva, donde no se involucran actividades productivas.



Figura 4.8 Mano de obra en apoyo de acarreo de materiales, en el desarrollo de la excavación masiva



Figura 4.9 Mano de obra en apoyo de obras provisionales, durante etapa de excavación masiva

CONCLUSIONES

Se puede concluir que las restricciones principales de este tipo de proyectos y en la fase de construcción de muros pantalla son:

- **Velocidad de excavación y carguío:** Respecto a esto debemos elegir una excavadora acorde con la exigencia del trabajo y tipo de terreno donde se va a desplazar. La elección tamaño de cuchara, longitud de brazo que permita llenar el camión de manera eficiente. Sumarle a todo esto que el o los equipos a usar se encuentren en óptimas condiciones y controlar el mantenimiento preventivo de estos, para garantizar su funcionamiento continuo.
- **Paralización de equipos de perforación y anclaje:** Del mismo modo deben funcionar continuamente. Estos al ser subcontratados (en la mayoría de los casos), deben ser contratados con algún documento que certifique la operación continua de los equipos y el mantenimiento periódico pertinente.
- **Abastecimiento de acero e instalaciones:** El suministro en cuestión, debe ser programados en lotes según la programación realizada. Este se vuelve importante por el poco espacio de almacenaje y porque dicho espacio puede restringir el desplazamiento de la excavadora u otros equipos. También es importante elegir las zonas de almacenaje adecuadas, de tal manera que el material no quede atrapado (por efecto del movimiento de tierras, ejecución de rampas, retiro de banquetas en daderos de muro pantalla).
- **Falla de bombeo de concreto:** Debemos manejar en la programación diaria un buffer de tiempo para preveer este tipo de imprevistos (atoros en tuberías, demora de llegada de mixer, demora por dificultad de armado de tuberías y mangueras al punto de vaciado, adecuada ubicación del tendido de tuberías de bombeo, etc). También sería muy beneficioso el uso de una bomba estacionaria, que recorra el perímetro del terreno, fijado en el primer anillo del muro pantalla. De esta manera se evitan interferencias con el desplazamiento de la excavadora para el acarreo de material y colocación de encofrados. Se reducen los tiempos de espera y movilización. Además el espacio requerido

del recorrido de la tubería sea adecuado y estable, pues la fuerza de bombeo puede hacer que este falle y se desconecte algún tramo durante el vaciado (esto puede generar más retrasos aún, pues se tendría que desarmar casi todo el recorrido y volver a conectar).

- **Horario de trabajo:** Respecto a esta restricción se podría mejorar en algo solicitando la ampliación de horarios. Pero siendo más conservador siempre se programa para el horario de trabajo normal.
- **Permisos de uso de vía para retiro de maquinarias:** Estos permisos y la planificación pertinente a ello, debe ser realizada con mucha anticipación y ser corroborada en obra. Definir las cargas a izar (según equipos en obra) para tener en consideración la capacidad de grúa a utilizar, las dimensiones de estas, disponibilidad de esta, el tipo de maniobra que realizará, para definir si se debe despejar el área (cierre de vía) o en todo caso solicitar el permiso de uso de vía.

RECOMENDACIONES

- Aplicar una planificación para el movimiento de tierras. Sería recomendable un modelamiento en 3D, donde incluya la ubicación de los equipos a usar (por fases de excavación y considerando volúmenes que ocuparán, según los equipos reales a usar en obra).
- Evaluar la posibilidad de incrementar las áreas de los muros pantallas (dameros), para disminuir la cantidad de puntos de anclaje (con más refuerzo o de más profundidad). Con la finalidad de incrementar el volumen de vaciado y disminuir los lotes de producción.
- De darse la alternativa de realizar el movimiento de tierras en fases separadas de las productivas (lo que conllevaría a prescindir temporalmente del personal obrero), habría que planificar el movimiento de dicho personal hacia otras actividades del mismo proyecto u otras actividades fuera de este, asegurando así que no falte personal en la etapa productiva. Se resalta, que al ejecutar el movimiento de tierra en fases, disminuyen los riesgos. Por lo que la productividad de mano de obra de por sí aumentará, al generar mayor seguridad y confianza en el personal obrero.
- Dar mantenimiento preventivo a los equipos a utilizar y para hacerlo de manera eficiente, este debe ser programado fuera del horario de jornal de trabajo (esto incluye el cambio de aceite, abastecimiento de combustible, etc). Asimismo hacer una revisión previa (check list de equipos), para asegurar el inicio correcto en las labores y/o dar recomendaciones de mejora al equipo.
- Controlar actividades con las herramientas de control mencionadas, según la programación diaria. Con ello hacer el flujo de procesos cada vez más eficiente y proteger a la vez al plan (cronograma de proyecto).
- Dependiendo de la configuración del proyecto, se podría utilizar equipos de apoyo para aminorar el acarreo de la excavadora (por ejemplo, existen torres grúas esbeltas, que se pueden instalar al exterior de obra y ocupan solo una vía).

BIBLIOGRAFIA

- Guio Castillo, Virgilio. **“Productividad en obras de construcción, Diagnostico, Critica y Propuesta”**, Edición N°1, fondo editorial PUCP, Lima, 2001.
- Koskella Lauri, **“Application of the New Production Philosophy to Construction”** Technical Report, Number 72 September, Stanford University. Lean Construction Institute, USA, 1992
- Rodríguez Castillejo, Walter. **“Gerencia de Construcción y del Tiempo”**. 1° Edición, Empresa Editora Macro, Lima, 2006.
- Serpell Bley, Alfredo. **“Administración de Operaciones de Construcción”**. Chile 1993.
- Garagay Aguilar, Moisés, **“La productividad en el sistema de producción de muros pantalla”**, Tesis UNI-FIC, Lima, 2011.
- Control de Gestión de Proyectos (CGP), **Manual de Gestión de Proyectos de Construcción**, 2da Edición, Graña y Montero S.A., Lima 2008.

ANEXOS

Anexo 1: Carta Balance Perfilado

30	D	D	D
29	D	C	D
28	D	C	D
27	D	C	D
26	D	C	D
25	D	C	C
24	D	C	C
23	D	D	C
22	D	D	D
21	A	D	D
20	D	D	C
19	D	D	C
18	D	A	D
17	D	A	C
16	D	A	C
15	D	C	C
14	D	C	C
13	D	C	C
12	C	D	C
11	C	D	A
10	C	D	A
9	A	C	D
8	A	D	C
7	D	D	D
6	D	D	D
5	D	D	D
4	D	D	C
3	D	D	C
2	D	D	C
1	D	D	C
	I	II	III

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Nombre / Código
Recurso I	Concreto	Sulca
Recurso II	Concreto	Pablo
Recurso III	Labor General	Bravo

Clasificación del Trabajo:

8	A	Trabajo No contributorio
0	B	No esta presente
30	C	Trabajo contributorio

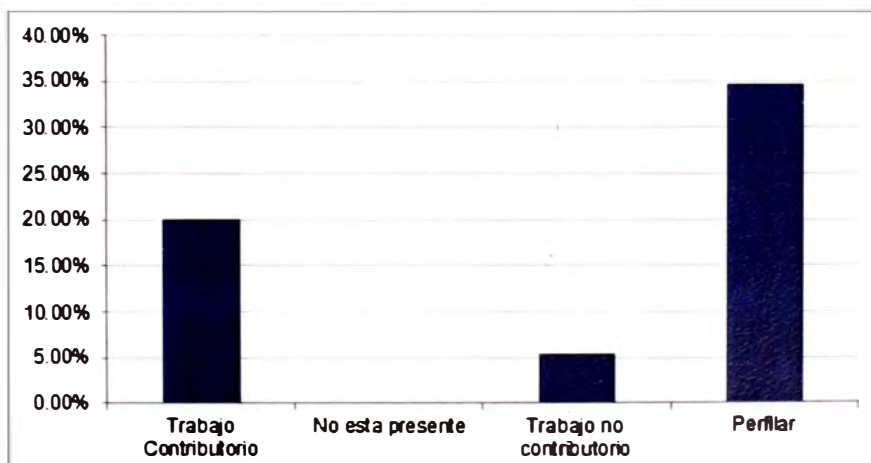
Trabajo Productivo:

52	D	Perflar
----	---	---------

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO

	I	II	III	PROMEDIO
Trabajo Contributorio	10%	37%	53%	20%
No esta presente				0%
Trabajo no contributorio	10%	10%	7%	5%
Perflar	80%	53%	40%	35%

TP	TC	TNC
35%	20%	5%



Anexo 2: Carta Balance de Encofrados

30	C	D	E	D	C
29	C	D	E	D	C
28	G	D	D	G	G
27	C	A	C	A	A
26	A	A	A	C	C
25	A	C	C	C	C
24	C	C	C	C	C
23	C	C	D	D	C
22	D	E	D	D	A
21	D	E	D	E	C
20	D	D	A	D	C
19	D	E	C	D	C
18	C	E	C	E	C
17	C	D	A	E	C
16	C	D	C	E	A
15	C	D	A	D	A
14	A	D	C	D	C
13	A	A	C	C	C
12	A	A	C	C	A
11	C	A	E	A	C
10	C	D	E	A	C
9	A	D	E	A	C
8	A	D	D	C	C
7	C	E	D	A	C
6	C	E	E	C	A
5	C	E	E	C	C
4	C	E	D	D	C
3	A	D	D	D	C
2	C	D	D	D	C
1	C	D	D	D	C
	I	II	III	IV	V

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Nombre / Código
Recurso I	Capataz	Miguel Cuenca
Recurso II	Carpintero	Elvis
Recurso III	Carpintero	Pablo
Recurso IV	Carpintero	Vera
Recurso V	Carpintero	Carranza

Clasificación del Trabajo:

28	A	Trabajo No contributorio
0	B	No esta presente
63	C	Trabajo contributorio

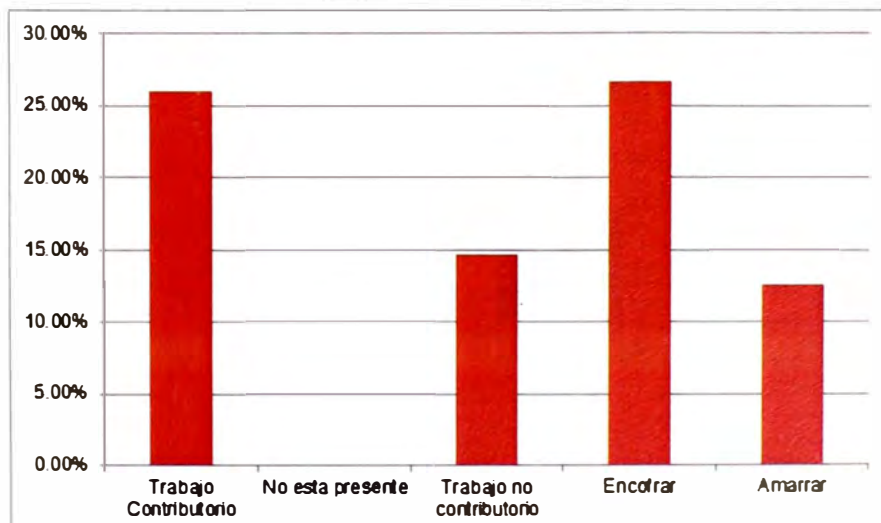
Trabajo Productivo:

40	D	Encofrar
19	E	Amarrar

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO

	I	II	III	IV	V	PROMEDIO
Trabajo Contributorio	60%	10%	30%	30%	80%	26%
No esta presente						0%
Trabajo no contributorio	27%	17%	13%	17%	20%	15%
Encofrar	13%	47%	33%	40%		27%
Amarrar		27%	23%	13%		13%

TP	TC	TNC
39%	26%	15%



Anexo 3: Carta Balance Acero-Muestra 1

30	K	S	D	C	S	E
29	S	E	S	C	S	E
28	S	K	S	L	B	H
27	K	S	D	C	B	E
26	K	S	S	C	J	E
25	K	E	S	O	C	E
24	S	E	D	O	O	E
23	H	S	D	C	O	K
22	O	S	D	C	B	K
21	O	E	D	C	B	E
20	K	K	D	K	B	E
19	H	K	S	K	B	E
18	S	S	B	J	B	K
17	S	S	B	J	B	K
16	H	E	S	C	C	E
15	H	S	D	O	O	E
14	H	O	S	C	B	S
13	H	S	D	C	S	E
12	K	K	S	C	B	E
11	K	E	L	M	B	E
10	H	E	L	M	B	E
9	K	E	H	L	B	E
8	H	S	D	L	B	E
7	S	C	D	L	B	E
6	H	C	S	L	B	E
5	S	S	S	J	D	E
4	S	S	S	J	D	E
3	H	H	S	L	D	E
2	H	H	S	L	D	E
1	H	H	S	L	D	O
	I	II	III	IV	V	VI

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Nombre / Código
Recurso I	Capataz	Franco Aquino
Recurso II	Fierrero	Marco Ramirez
Recurso III	Fierrero	Juan Ramirez
Recurso IV	Fierrero	Olivo
Recurso V	Fierrero	Fredy de la Vega
Recurso VI	Fierrero	Gonzales Gonza Goyo

Trabajo Productivo:

0	A	Colocación
18	B	Atortolado

Trabajo Contributorio:

15	C	Acarreo de acero
16	D	Habilitado de acero
31	E	Armado y desarmado de andamio
0	F	Pasado de acero
0	G	Ir al almacén a recoger
17	H	Instrucciones
0	I	Revisión de planos
5	J	Cortado de acero
18	K	Traslado de Materiales
10	L	Selección de acero
2	M	Búsqueda de materiales
0	N	Apuntalamiento
10	O	Medición

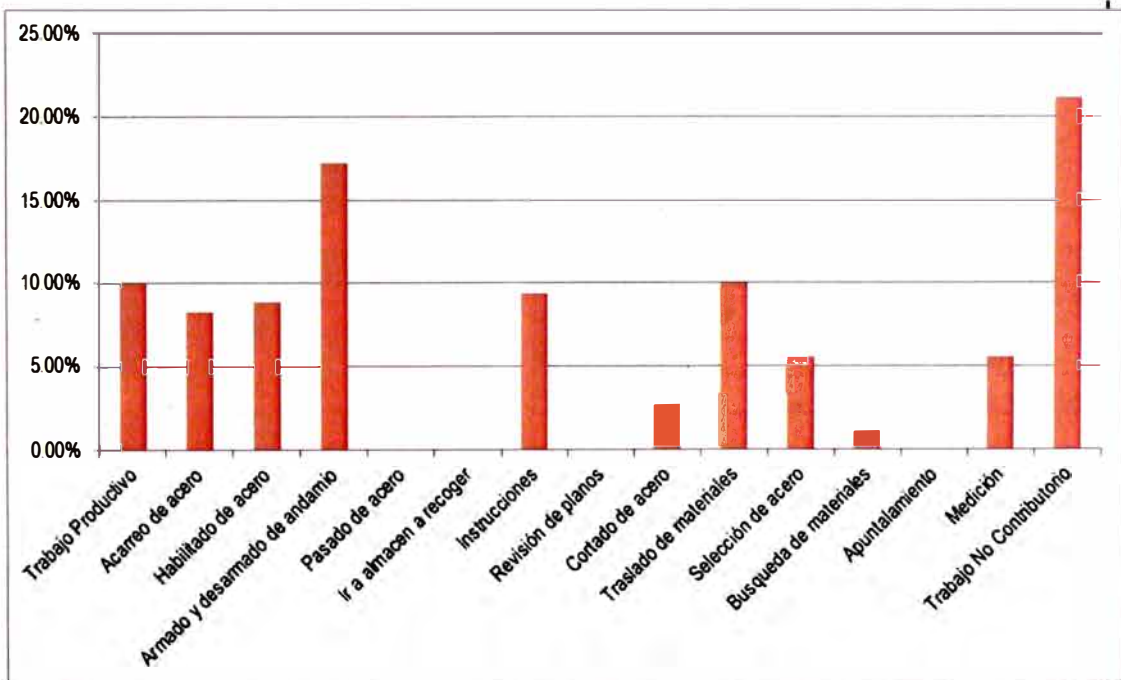
Trabajo No contributorio:

0	P	Viajes
0	Q	Necesidades fisiológicas
	R	No está presente
38	S	Esperas

DISTRIBUCION DEL TIEMPO

	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO
Trabajo Productivo	0%	0%	7%	0%	53%	0%	10%
Acarreo de acero	0%	7%	0%	37%	7%	0%	8%
Habilitado de acero	0%	0%	37%	0%	17%	0%	9%
Armado y desarmado de andamio	0%	27%	0%	0%	0%	77%	17%
Pasado de acero	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ir a almacen a recoger	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instrucciones	40%	10%	3%	0%	0%	3%	9%
Revisión de planos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cortado de acero	0%	0%	0%	13%	3%	0%	3%
Traslado de materiales	27%	13%	0%	7%	0%	13%	10%
Selección de acero	0%	0%	7%	27%	0%	0%	6%
Busqueda de materiales	0%	0%	0%	7%	0%	0%	1%
Apuntalamiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Medición	7%	3%	0%	10%	10%	3%	6%
Trabajo No Contributivo	27%	40%	47%	0%	10%	3%	21%

TP	TC	TNC
10%	69%	21%



Anexo 4: Carta Balance Acero-Muestra 2

30	B	O	I	F	B	B
29	H	B	I	F	B	B
28	C	O	I	F	S	A
27	A	B	I	C	B	A
26	A	S	I	C	S	A
25	B	B	I	J	S	B
24	B	S	L	J	S	B
23	C	B	S	C	S	B
22	B	S	D	L	B	S
21	B	B	D	L	B	B
20	H	S	L	C	B	B
19	S	S	J	J	B	B
18	B	A	J	J	S	S
17	B	C	C	J	A	S
16	B	A	D	K	C	C
15	B	A	D	K	S	B
14	O	S	D	J	B	B
13	O	B	C	C	B	B
12	B	A	S	C	A	A
11	B	A	S	J	A	A
10	S	B	D	J	A	C
9	H	B	D	S	B	B
8	H	B	D	J	B	B
7	O	B	D	S	B	B
6	O	B	S	C	S	S
5	H	B	S	S	A	A
4	S	S	C	S	A	B
3	H	S	D	S	B	S
2	H	B	D	C	B	B
1	H	B	D	C	S	B
	I	II	III	IV	V	VI

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Nombre / Código
Recurso I	Capataz	Franco Aquino
Recurso II	Fierrero	Marco Ramirez
Recurso III	Fierrero	Juan Ramirez
Recurso IV	Fierrero	Olivo
Recurso V	Fierrero	Fredy de la Vega
Recurso VI	Fierrero	Gonzales Gonza Goyo

Trabajo Productivo:

19	A	Colocación
56	B	Atortolado

Trabajo Contributorio:

18	C	Acarreo de acero
12	D	Habilitado de acero
0	E	Armado y desarmado de andamio
3	F	Pasado de acero
0	G	Ir al almacén a recoger
8	H	Instrucciones
6	I	Revisión de planos
11	J	Cortado de acero
2	K	Traslado de Materiales
4	L	Selección de acero
0	M	Búsqueda de materiales
0	N	Apuntalamiento
6	O	Medición

Trabajo No Contributorio:

0	P	Viajes
0	Q	Necesidades fisiológicas
	R	No está presente
35	S	Esperas

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO

	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO
Trabajo Productivo	43%	83%	0%	0%	67%	77%	42%
Acarreo de acero	7%	3%	10%	30%	3%	7%	10%
Habilitado de acero	0%	0%	40%	0%	0%	0%	7%
Armado y desarmado de andami	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pasado de acero	0%	0%	0%	10%	0%	0%	2%
Ir a almacén a recoger	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instrucciones	27%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Revisión de planos	0%	0%	20%	0%	0%	0%	3%
Cortado de acero	0%	0%	7%	30%	0%	0%	6%
Traslado de materiales	0%	0%	0%	7%	0%	0%	1%
Selección de acero	0%	0%	7%	7%	0%	0%	2%
Busqueda de materiales	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Apuntalamiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Medición	13%	7%	0%	0%	0%	0%	3%
Trabajo No Contributorio	10%	27%	17%	17%	30%	17%	19%

TP	TC	TNC
42%	39%	19%

